

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Rekonstrukce zatemnění reflektorů
Reconstruction of Obscuration for the
Theatre Reflectors

Student:

Bc. Ludmila Gaszková

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ludmila Gaszková**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Rekonstrukce zatemnění reflektorů**
Reconstruction of Obscuration for the Theatre Reflectors

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce navrhnete rekonstrukci mechanické části zatemnění reflektorů:

1. Minimální rychlost zatahování plátna 0,5 m/s
 2. Možnost výměny mechanické části zatemnění reflektorů bez demontáže celého zařízení
 3. Připojovací rozměry podle původního zařízení.
- Konstrukční dokumentace bude obsahovat sestavný výkres a výrobní výkresy určených dílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

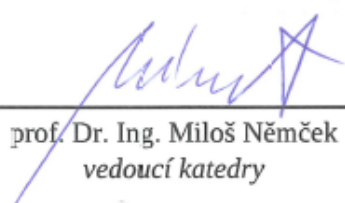
BOLEK, A.; KOCHMAN, J. *Části strojů 1*. Praha : SNTL, 1990. 775s. ISBN 80-03-00046-7.
BOLEK, A.; KOCHMAN, J. *Části strojů 2*. Praha : SNTL, 1990. 707s. ISBN 80-03-00426-8.
DEJL, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava : Montanex, 2000, 225 s. ISBN 80-7225-018-3
DRASTÍK, F. *Strojnické tabulky*. Ostrava : Montanex, 1999, 722 s. ISBN 80-85780-95-X
KŘÍŽ, R. *Strojnické tabulky II. Pohony*. Ostrava : Montanex, 1997, 213 s. ISBN 80-85780-51-8
MORAVEC, V.; HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2005, 72 s. ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje*.
druhé vydání Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008, 111 s. ISBN 978-80-248-1782-8
Katalogy ložisek
Firemní literatura

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. Jiřímu Havlíkovi, Ph.D. za pomoc při vypracování diplomové práce, za užitečné připomínky a vstřícnost při konzultacích.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : 14.5.2019


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem si vědoma, že na tuto moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci ústředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne: 14.5.2019

.....

Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Ludmila Gaszková

.. Adresa trvalého pobytu studenta: Potoční 1957, Frenštát pod Radhoštěm, 744 01

Anotace bakalářské práce

Gaszková, L. *Rekonstrukce zatemnění reflektorů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2019, 47 s. Vedoucí práce: Havlík, J.

Diplomová práce je zaměřena na rekonstrukci stmívacího systému ERASER firmy INTERSONO SG a. s., který je určen pro výbojkový reflektor MUNDIAL C firmy THORN LIGHTING. Stmívací systém je oproti původnímu řešení rozdělen na jednoduše oddělitelné moduly - mechanickou jednotku, chladicí jednotku a elektroniku. Pro rekonstrukci mechanické části jsou navrženy dvě varianty, z nichž je vybrána a dále zpracována varianta s jednodušší montáží a menším počtem komponentů. Dále je proveden návrh pohonu s ozubeným převodem, návrh pružinového mechanismu a pevnostní výpočty hřídele plátna a ložisek. Práce je doplněna o výkresovou dokumentaci vybraných částí.

Annotation of Master Thesis

Gaszková, L. *Reconstruction of Obscuration for the Theatre Reflectors: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2019, 47 p. Thesis head: Havlík, J.

The Master thesis is focused on the reconstruction of obscuration system ERASER by the company INTERSONO SG a. s. for the theatre reflectors MUNDIAL C by the company THORN LIGHTING. The obscuration system is divided into simply detachable parts - mechanical unit, cooling unit and electronics. For the reconstruction of mechanical part there are two designed types. For the next processing, I have chosen the type with easier assembly and with less number of components. Next, my work includes the design power source with toothed belt transmission, the design of springed mechanism and strength calculations of the shaft and bearings. The master thesis is complemented with the technical drawings of selected parts.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK	6
1 ÚVOD	9
2 TYPY OSVĚTLENÍ	10
2.1 Žárovkové světelné zdroje	11
2.2 Výbojkové světelné zdroje.....	11
2.3 Světelné zdroje LED	13
3 PŮVODNÍ ŘEŠENÍ.....	14
3.1 Výbojkový reflektor MUNDIAL C	14
3.2 Popis systému ERASER	15
3.2.1 Pružinový mechanismus	16
3.3 Montáž stmívacího systému ERASER	17
4 ROZBOR PŮVODNÍCH PARAMETRŮ	20
4.1 Pohon systému	20
4.2 Parametry plátna	21
4.3 Materiál konstrukce	23
5 NÁVRH ÚPRAV MECHANICKÉ ČÁSTI.....	24
5.1 Návrh 1	24
5.2 Návrh 2	25
5.3 Volba řešení	26
6 VÝSLEDNÝ NÁVRH	27
6.1 Úchytný mechanismus	28
6.2 Montáž mechanické jednotky	29
7 VOLBA KOMPONENT A PEVNOSTNÍ VÝPOČTY	32
7.1 Parametry plátna	32
7.2 Volba motoru	33
7.3 Volba řemenového převodu.....	35

7.4	Volba pružiny napínacího mechanismu.....	37
7.5	Výpočet hřídele.....	39
7.6	Výpočet ložisek.....	44
8	ZÁVĚR	45
9	SEZNAM LITERATURY	46
	SEZNAM PŘÍLOH	49

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Značka	jednotka	význam
b	[mm]	šířka pera
d	[mm]	vnitřní průměr ložiska
d_h	[mm]	průměr hřídele plátna
d_{hmin}	[mm]	minimální průměr hřídele (bez přitlačné lišty)
d_{hp}	[mm]	plný průměr hřídele plátna bez drážky na pero
d_{h1}	[mm]	průměr válcového konce hřídele plátna
d_n	[mm]	průměr hřídele dle navinutého plátna
d_w	[mm]	roztečný průměr řemenic
k_s	[–]	součinitel bezpečnosti
g	[m/s ²]	tíhové zrychlení
l	[mm]	délka pera
l'	[mm]	činná délka pera
m	[kg]	hmotnost ložiska
m_c	[kg]	celková hmotnost soustavy
m_L	[kg]	hmotnost lišt
n	[–]	pořadí navinutí
n_{Mj}	[min ⁻¹]	jmenovité otáčky motoru
n_{Mp}	[min ⁻¹]	jmenovité otáčky původního motoru
n_p	[–]	počet otáček navinutého plátna
$n_{\dot{r}}$	[min ⁻¹]	otáčky řemenice
p_D	[MPa]	dovolený měrný tlak
s_o	[–]	součinitel bezpečnosti pro statickou únosnost ložiska
t	[s]	čas zatemnění/odtemnění plátna
t_p	[s]	čas zatemnění/odtemnění plátna původního zařízení
t_{pl}	[mm]	tloušťka plátna
t_r	[s]	čas rozběhu motoru
t_1	[mm]	hloubka drážky na hřídeli
v	[m/s]	rychlost posuvu
v_p	[m/s]	původní rychlost zatemnění/odtemnění plátna
v_{pk}	[m/s]	rychlost odvíjení plátna na konci

v_{pz}	[m/s]	rychlost odvíjení plátna na začátku
$v_{ř}$	[m/s]	obvodová rychlost řemene
A	[mm]	osová vzdálenost řemenic
B	[mm]	šířka ložiska
C	[N]	základní dynamická únosnost ložiska
C_0	[N]	základní statická únosnost ložiska
F_{nmax}	[N]	maximální napínací síla plátna
F_{np}	[N]	původní napínací síla plátna
F_p	[N]	síla působící na pero
F_{pmax}	[N]	maximální tlačná síla pružiny
F_{r0}	[N]	statické radiální zatížení
$F_{ř}$	[N]	tahová síla napínání řemene
G_H	[N]	tažná síla hřídele a prvků na ní
I_H	[kg · m ²]	hmotový moment hřídele
I_{Mp}	[A]	jmenovitý proud původního motoru
I_{RED}	[kg · m ²]	redukovaný moment soustavy
$I_{Ř}$	[kg · m ²]	hmotový moment řemenic
L_c	[mm]	celková délka hřídele
L_n	[mm]	délka navíjeného plátna
L_{np}	[mm]	délka počátečního navinutí
L_{opmax}	[mm]	délka odvinutého plátna
L_p	[mm]	celková délka plátna
L_{pp}	[mm]	původní celková délka plátna
$L_{ř}$	[mm]	odvinutá vzdálenost řemene
L_{up}	[mm]	délka uchycené části plátna
L_z	[mm]	délka odvinutí plátna na začátku
L_{zp}	[mm]	délka odvinutí plátna na začátku původního řešení
L_{1-6}	[mm]	vzdálenosti kritických míst na hřídeli
M_H	[N · m]	krouticí moment hřídele plátna
M_M	[N · m]	maximální krouticí moment hřídele motoru
M_{Mj}	[N · m]	jmenovitý krouticí moment hřídele motoru
M_{Mp}	[N · m]	jmenovitý krouticí moment hřídele původního motoru

M_{Ms}	[N · m]	střední krouticí moment hřídele motoru
M_{o1-6}	[N · mm]	ohybový moment v kritických místech na hřídeli
O_n	[mm]	obvod navinuté části plátna
$O_{ř}$	[mm]	obvod řemenic
P_M	[W]	jmenovitý výkon motoru
P_{Mp}	[W]	jmenovitý výkon původního motoru
$R_{A,B,C}$	[N]	reakční síly působící na hřídeli plátna
R_m	[MPa]	mez pevnosti v tahu
R_e	[MPa]	mez kluzu
U_{Mp}	[V]	jmenovité napětí původního motoru
W_{khmin}	[mm ³]	modul průřezu v krutu (min. průměr hřídele)
W_{khp}	[mm ³]	modul průřezu v krutu (plný průměr hřídele)
W_{ohmin}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu (min. průměr hřídele)
W_{ohp}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu (plný průměr hřídele)
α_{k1-6}	[–]	součinitel vrubu pro namáhání v krutu
α_{o1-6}	[–]	součinitel vrubu pro namáhání v ohybu
ε	[s ⁻²]	úhlové zrychlení
η	[%]	účinnost původního motoru
$\sigma_{red\ 1-6}$	[MPa]	reduované napětí v kritických místech
σ_{o1-6}	[MPa]	napětí v ohybu v kritických místech
τ_{k1-6}	[MPa]	napětí v krutu v kritických místech
ω_M	[rad/s]	úhlová rychlost hřídele motoru
ΔL_{min}	[mm]	stlačení pružiny

1 ÚVOD

Ve své diplomové práci se zabývám rekonstrukcí mechanické části zatemnění reflektoru. Předmětem rekonstrukce je stmívací systém ERASER firmy INTERSONO SG a. s. určený pro výbojkový reflektor MUNDIAL C firmy THORN LIGHTING. Tato sestava se využívá k osvětlení divadelních scén, sportovních hal a dalších kulturně - společenských prostorů, kde nachází své nepostradatelné uplatnění. Zpravidla bývá umísťována vysoko na stropních konstrukcích, špatně dosažitelných místech. Z těchto důvodů musí každá případná oprava proběhnout co nejrychleji a nejjednodušeji.

Stávající systém ERASER je celistvou konstrukcí, proto je nutné při poruše jakékoliv komponenty odinstalovat a rozebrat celé zařízení. Při rekonstrukci je tedy mým hlavním cílem dosáhnout modulární konstrukce, která rozčlení zařízení na mechanickou, elektronickou a chladicí část, a tak umožní snadnou výměnu dílů. Zároveň chci zachovat přibližně stejné rozměry zařízení a zachovat nebo zvýšit rychlost zatemňování reflektoru.

Následně jsou provedeny pevnostní kontroly vybraných částí tak, aby byla zajištěna funkčnost celého systému.

Cíle diplomové práce

- Návrh modulární konstrukce.
- Zajistit jednoduchou montáž/demontáž mechanické části.
- Zachovat přibližně stejné rozměry.
- Zachovat připojovací rozměry dle původního zařízení.
- Minimální rychlost zatahování plátna 0,5 m/s.
- Výkresová dokumentace.

2 TYPY OSVĚTLENÍ

Divadla, sportovní haly, sály a jiné velké společenské prostory jsou osvětlovány různými typy reflektorů s různými světelnými zdroji. Světelnými zdroji jsou žárovky, výbojky nebo LED.

Reflektory mohou být pevné nebo řízené. Řízení je možné přímo mechanicky nebo na dálku pomocí elektroniky, takové reflektory se označují jako inteligentní. Lze řídit tvar, ostrost okrajů a velikost osvětlované plochy, počet záblesků, barvu světla, přechody barev a další světelné efekty. Také lze ovládat posun a směr natáčení reflektorů. Mezi takové reflektory patří LED reflektor (obr. 2.1) nebo LED reflektor s pohyblivou hlavou (obr. 2.3). Reflektory se vyrábí v různých velikostech. Pro nasvícení velkých ploch se používají tzv. osvětlovací vany. [18]



Obr. 2.1 LED reflektor
(výrobce ROBERT JULIAT) [13]



Obr. 2.2 Osvětlovací vana (výrobce EUROLITE) [21]



Obr. 2.3 LED reflektor s pohyblivou hlavou
(výrobce OTV PAVLŮ s. r. o.) [17]

2.1 Žárovkové světelné zdroje

Principem je zahřívání wolframového vlákna protékajícím elektrickým proudem ve skleněné baňce, ze které je odčerpán vzduch. Zahřívání vlákna na vysokou teplotu způsobuje vyzařování elektromagnetického vlnění. Malá část vyzářené energie je viditelné světlo, zbytek je infračervené záření. Žárovky mají vlákno spirálovitě stočené z důvodu vyšší účinnosti a snížení tepelných ztrát. Odčerpáním vzduchu z baňky vzniká vakuum, které zabraňuje shoření vlákna. Výhodou je příjemná barva světla a rychlý rozběh, nevýhodou je malá účinnost.

Speciálním druhem je halogenová žárovka, kde tlak uvnitř baňky je mnohem vyšší než atmosférický a tím je dosaženo vyšší teploty vlákna. Tato žárovka má tak vyšší účinnost. Delší životnost zajišťují přidané halogeny v atmosféře baňky. Přesněji, kruhový proces, kdy se při vysoké teplotě vypařující wolfram slučuje s těmito halogeny. [5] [14]

2.2 Výbojkové světelné zdroje

Světlo vzniká zavedením elektrického proudu pomocí dvou a více elektrod do uzavřené trubice, která je naplněna směsí par a plynů. Zdrojem světla je tedy ionizovaný výboj v plynu. Výbojky lze rozdělit na nízkotlaké a vysokotlaké. Dále dle směsi par se dělí na rtuťové, sodíkové, halogenidové, xenonové a sirné. [5] [14]

Nízkotlaké rtuťové výbojky

Jsou označovány také jako zářivky. Tvoří je trubice ze sodno-vápenatého skla naplněná parami rtuti a argonem. Trubice je na koncích opatřena elektrodami, které jsou tvořeny svinutými wolframovými žhavicími vlákny. Vnitřní povrch trubice je pokryt vrstvou luminoforu, ten transformuje vzniklé UV záření na viditelné světlo. Nízkotlaké rtuťové výbojky se vyrábí i v kompaktním provedení, ty jsou určeny pro nahrazení žárovkových světelných zdrojů.

Speciálním případem jsou indukční výbojky, které jsou zvláštní bezelektrodovým tvarem trubice.

Výhody: poměrně levné, vysoký měrný výkon, možnost výběru teploty chromatičnosti.

Nevýhody: větší rozměry, nevhodné pro směrové a venkovní osvětlení.

Použití: průmyslové prostory, administrativní budovy, osvětlení chodeb. [5] [14]

Vysokotlaké rtuťové výbojky

Jsou podobné nízkotlakým rtuťovým výbojkám, ale pracují za mnohem vyšších tlaků a teplot. Navíc mají ještě jednu elektrodu pro zapálení výboje. [5]

Výhody: odolné proti teplotním změnám, otřesům.

Nevýhody: poměrně malá účinnost, zapnutí výbojky až po vychladnutí.

Použití: osvětlení větších ploch, průmyslových hal, veřejné osvětlení. [19]

Sodíkové nízkotlaké výbojky

Tvoří je trubice z borokřemičitého skla naplněná sodíkem, argonem a neonem. Na obou koncích trubice jsou zataveny elektrody. Pro zapálení výboje a následného vytvoření světla slouží zapalovací zařízení. Náběh této výbojky trvá až 20 minut. [25] [14]

Výhody: vysoká účinnost, poměrně levné.

Nevýhody: velmi křehké, nemožnost výběru teploty chromatičnosti, pouze žlutá barva.

Použití: venkovní, veřejné osvětlení, osvětlení tunelů. [22]

Sodíkové vysokotlaké výbojky

Sodíkové vysokotlaké výbojky odstraňují některé nedostatky nízkotlakých sodíkových výbojek.

Zvýšením tlaku par sodíku dochází ke zvýšení spektra záření. V jejich světle tedy lze rozlišovat barvy oproti monochromatickému vyzařování u nízkotlakých výbojek. I doba náběhu je kratší, 10 minut. [5] [14]

Výhody: vysoká účinnost, poměrně levné, lepší možnost výběru teploty chromatičnosti.

Nevýhody: velmi křehké, zapnutí výbojky až po vychladnutí.

Použití: osvětlení divadelních scén, venkovní, veřejné osvětlení, osvětlení tunelů. [22]

Halogenidové výbojky

Princip je stejný jako u rtuťových výbojek, ale příměsí jsou obohaceny o sloučeniny halogenidu se sodíkem, indiem a dalšími vzácnými prvky. Kombinací a množstvím příměsí lze docílit různých teplot chromatičnosti a ovlivnění měrných výkonů.

Výhody: vysoká účinnost, široký rozsah výkonů, dobré barevné podání.

Nevýhody: vyšší cena, delší rozběh, zapnutí výbojky až po vychladnutí.

Použití: osvětlení hal, komerčních prostorů, průmyslové a veřejné osvětlení. [22]

Xenonové výbojky

Princip je stejný jako sodíkové výbojky, ale baňka je naplněná xenonem. Pracují za velmi velkých tlaků.

Výhody: podobné dennímu světlu, dlouhá životnost.

Nevýhody: nebezpečí výbuchu, zapnutí výbojky až po vychladnutí.

Použití: na vědecké účely, dříve zdrojem světla promítaček. [26]

Sírné výbojky

Jedná se o vysokotlaké výbojky s kulovitým tvarem baňky, která je naplněná sírou. Výboj vzniká v hořáku, který rotuje v elektromagnetickém poli.

Výhody: podobné dennímu světlu, vysoké měrné výkony, dlouhá životnost.

Nevýhody: poruchovost elektromagnetu, složitá výroba, zapnutí výbojky až po vychladnutí.

Použití: pouze speciální použití, z důvodu náročné výroby. [5]

2.3 Světelné zdroje LED

Pracují na principu klasických diod. Při průchodu elektrického proudu dochází na rozhraní z anody na katodu k náhodné kombinaci volných záporně nabitých elektronů a kladně nabitých děr. Při tomto ději se uvolňuje energie ve formě světla, popřípadě tepla. [4]

Výhody: dlouhá životnost, možnost stmívání, okamžité rozsvícení, vysoká účinnost, malé rozměry, dobrá odolnost proti nárazům, možnost přesného směřování světla.

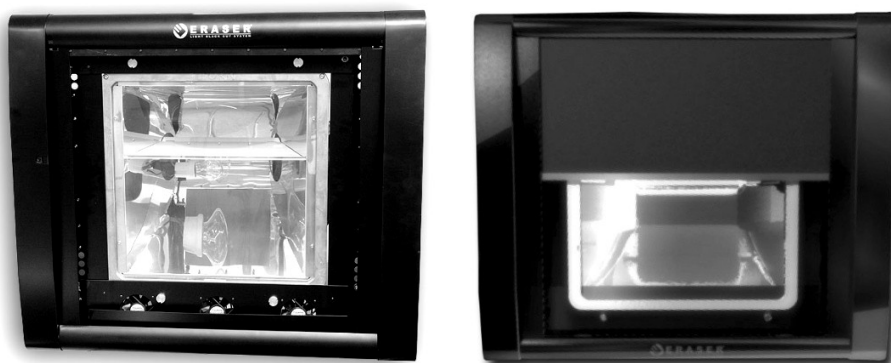
Nevýhody: vysoká pořizovací cena, malý světelný tok, nepříznivě působí na lidský organismus.

Použití: podsvícení displejů, veřejné a průmyslové osvětlení, galerie. [6] [22]

3 PŮVODNÍ ŘEŠENÍ

Stávající osvětlení se skládá z výbojkového reflektoru MUNDIAL C firmy THORN LIGHTING, na který je přišroubován stmívací systém ERASER firmy INTERSONO SG a. s., obr. 3.1. Systém ERASER umožňuje rychlé zatemnění/odtemnění výbojkového světla odvinutím/navinutím tmavého plátna. Toto přídatné zařízení je nutné právě proto, že výbojkové reflektory mají dlouhou dobu rozběhu a častým rozsvícením a zhasínáním se zkracuje jejich životnost.

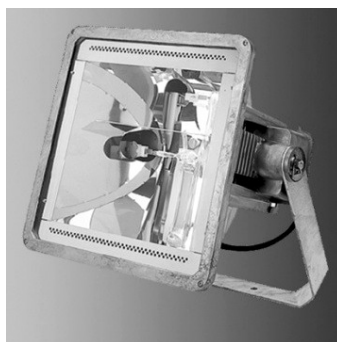
Ovládání zařízení je tlačítkovým ovládáním nebo systémem řízení budovy s integrací na ovládací panel. Reflektor si dle vlastní teploty sám spouští ventilátory a podle stavu rolety řídí připojení nebo odpojení řídicího napětí v krajních polohách.



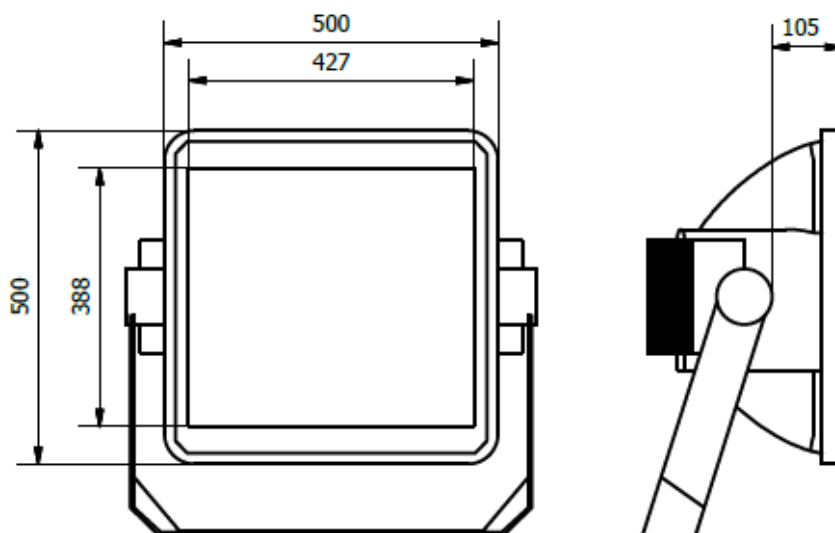
Obr. 3.1 Stmívací systém ERASER firmy INTERSONO SG a. s. [12]

3.1 Výbojkový reflektor *MUNDIAL C*

MUNDIAL 1KW HST S/S WB WI E40 je vysoce výkonný výbojkový reflektor (obr. 3.2). Má korpus z tlakově litého hliníku a jeho předním krytem je ploché sklo. Jmenovitý světelný tok výbojkového reflektoru je 120000 lm. Hlavní rozměry reflektoru a velikost světelné plochy popisuje obrázek 3.3. Reflektor váží 15,8 kg. [23]



Obr. 3.2 Výbojkový reflektor MUNDIAL C [23]



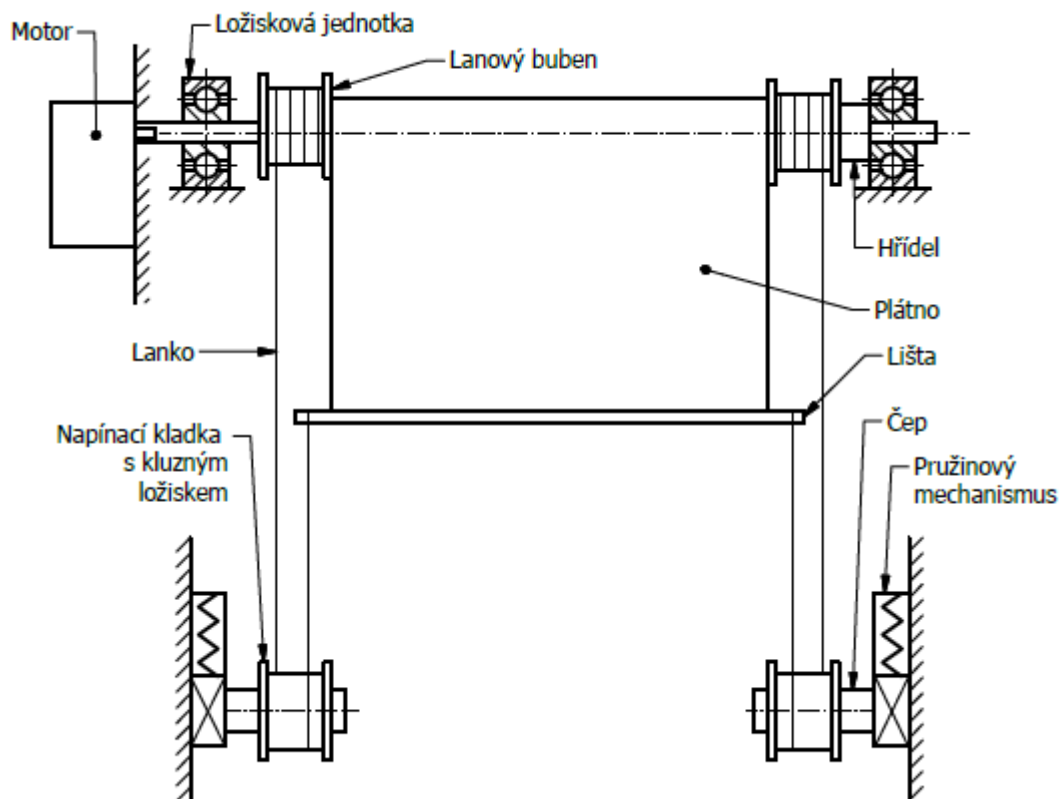
Obr. 3.3 Výbojkový reflektor s rozměry

3.2 Popis systému ERASER

Systém Eraser tvoří mechanická jednotka řízená elektronikou a chlazená ventilátory. Tyto části nejsou jednoduše oddělitelné, tudíž při jakékoli poruše je nutné rozebrat celé zařízení.

Zatměňování/odtémňování reflektoru uskutečňuje mechanická jednotka postupným odvíjením/navíjením plátna. Plátno je upnuto na jednom konci ke hřídeli a na druhém konci v liště pomocí šroubů. Hřídel je poháněna elektromotorem a usazena v kuličkových ložiscích. Je opatřena osazeními, která vytvářejí dva lanové bubny. Na tyto bubny se na obou stranách namotává lanko. Dále je vedeno přes napínací kladky zpět k liště plátna, kde je uchyceno. Napínací kladky s nalisovaným kluzným ložiskem se otáčejí kolem čepů předpínacích pružinových mechanismů (popis pružinového mechanismu viz níže). Pružinové mechanismy zajišťují napnutí plátna. Lišta plátna zapadá do jednoduchého vedení spojeného s rámem a posouvá se v něm pomocí třecích kroužků.

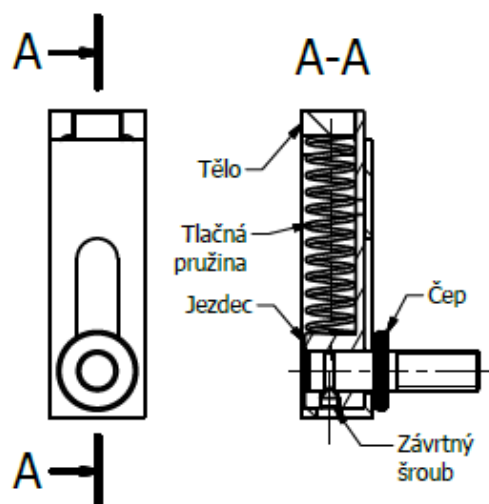
Toto řešení sice zajišťuje plynulé odvíjení/navíjení plátna při jeho stálém napnutí, ale dochází k výkyvům plátna do stran, což vede k častým poruchám.



Obr. 3.4 Schéma původního řešení

3.2.1 Pružinový mechanismus

Skládá se z těla napínacího mechanismu, tlačné pružiny, jezdce a čepu, což je patrné z obrázku 3.5. Do dutiny těla je vložen jezdec, který se díky drážce v těle může posouvat nahoru a dolů. V meziprostoru jezdce a těla je umístěna tlačná pružina. Tato pružina přitlačuje potřebnou tlačnou silou jezdec s čepem ke spodní hraně těla. Čep je zajištěn proti vypadnutí z jezdce závrtným šroubem.



Obr. 3.5 Schéma pružinového mechanismu

3.3 Montáž stmívacího systému ERASER

Nejdříve se připevní elektromotor s přírubou k trubce elektromotoru pomocí šroubů (obr. 3.6).

V kroku 2 se hřídel s uchyceným plátnem s lištou a lanovým převodem vloží do trubky elektromotoru a nasune na hřídel elektromotoru. Druhá strana hřídele se uloží do držáku s ložiskem. Držák se uchytí k trubce elektromotoru stejně jako příruba elektromotoru (obr. 3.7).

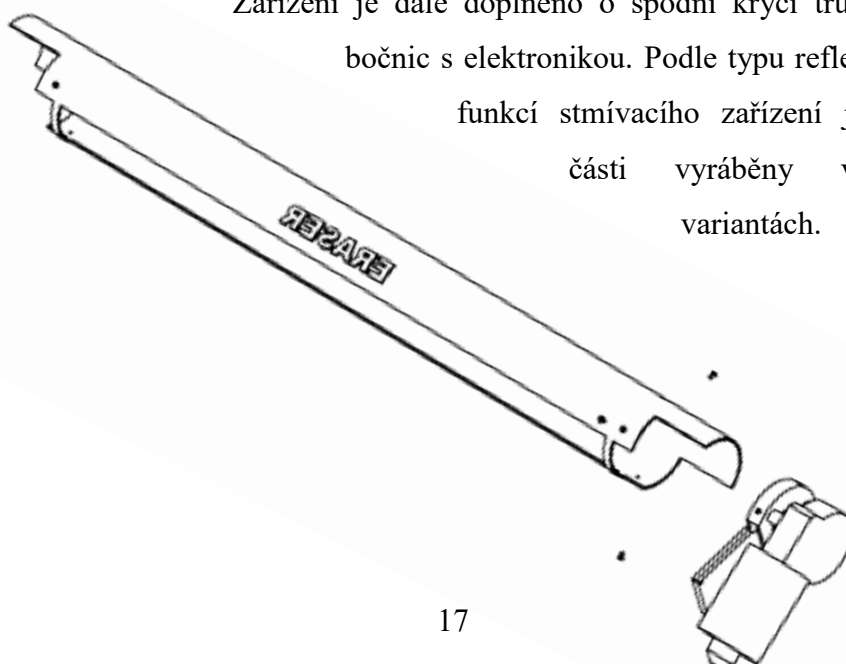
V dalším kroku jsou přišroubovány bočnice. Lanový převod je doplněn o napínací mechanismus s kladkou a přišroubován k bočnicím (obr. 3.8).

Ve 4. kroku se našroubují příčné lišty s čepy, pomocí kterých se stmívací zařízení upevní k reflektoru (obr. 3.9).

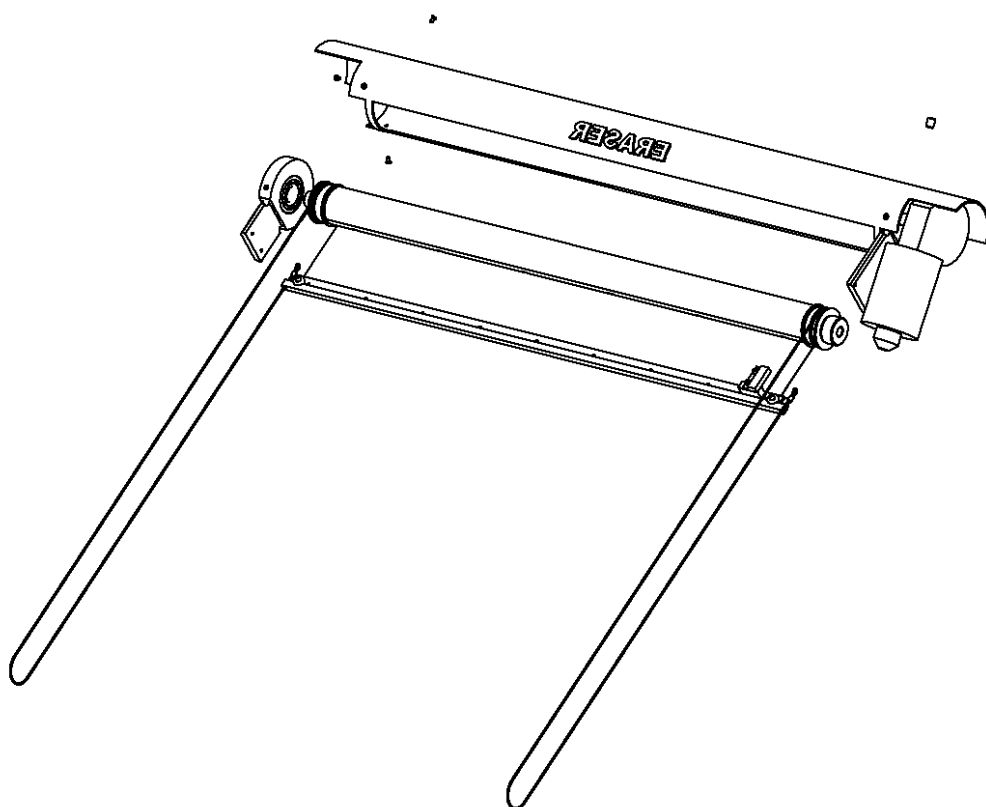
V posledním kroku se k bočnicím přišroubuje panel s ventilátory (obr. 3.10).

Zařízení je dále doplněno o spodní krycí trubku a kryty bočnic s elektronikou. Podle typu reflektoru, řízení funkcí stmívacího zařízení jsou některé části vyráběny ve čtyřech variantách.

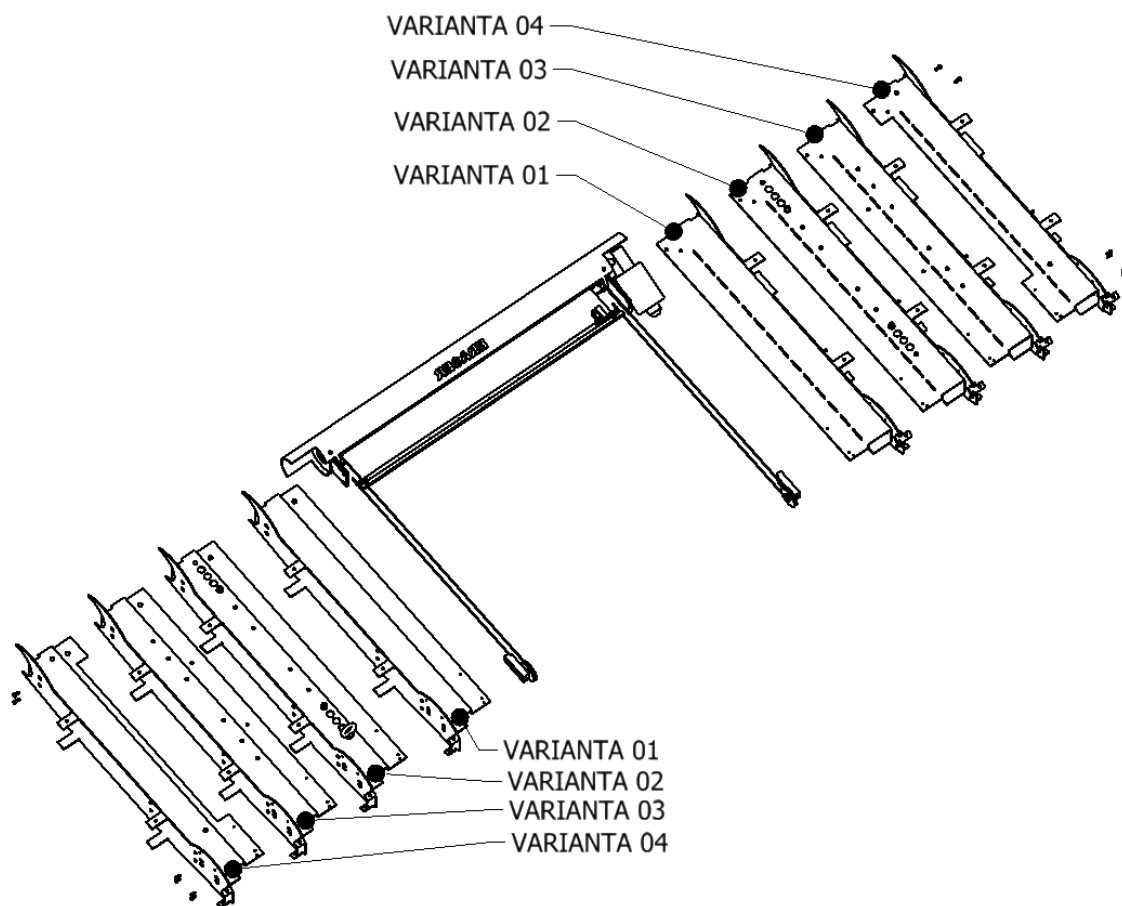
a



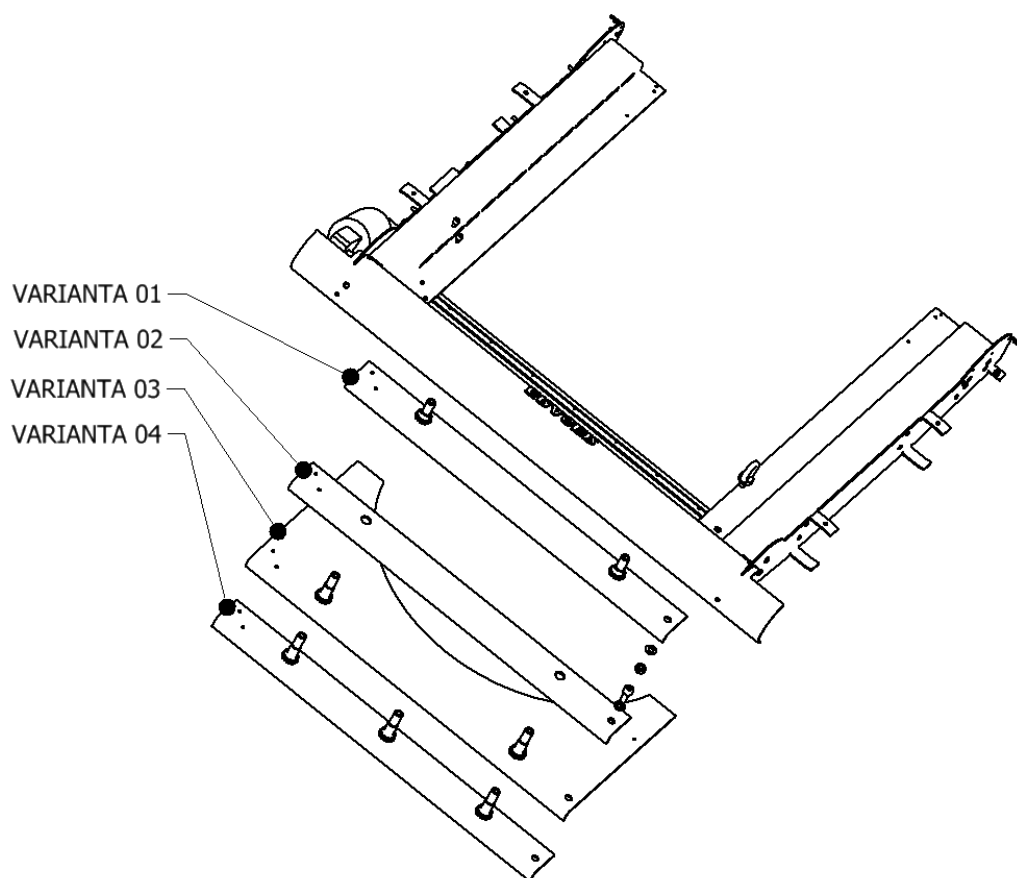
Obr. 3.6 Montáž stmívacího systému - krok 1



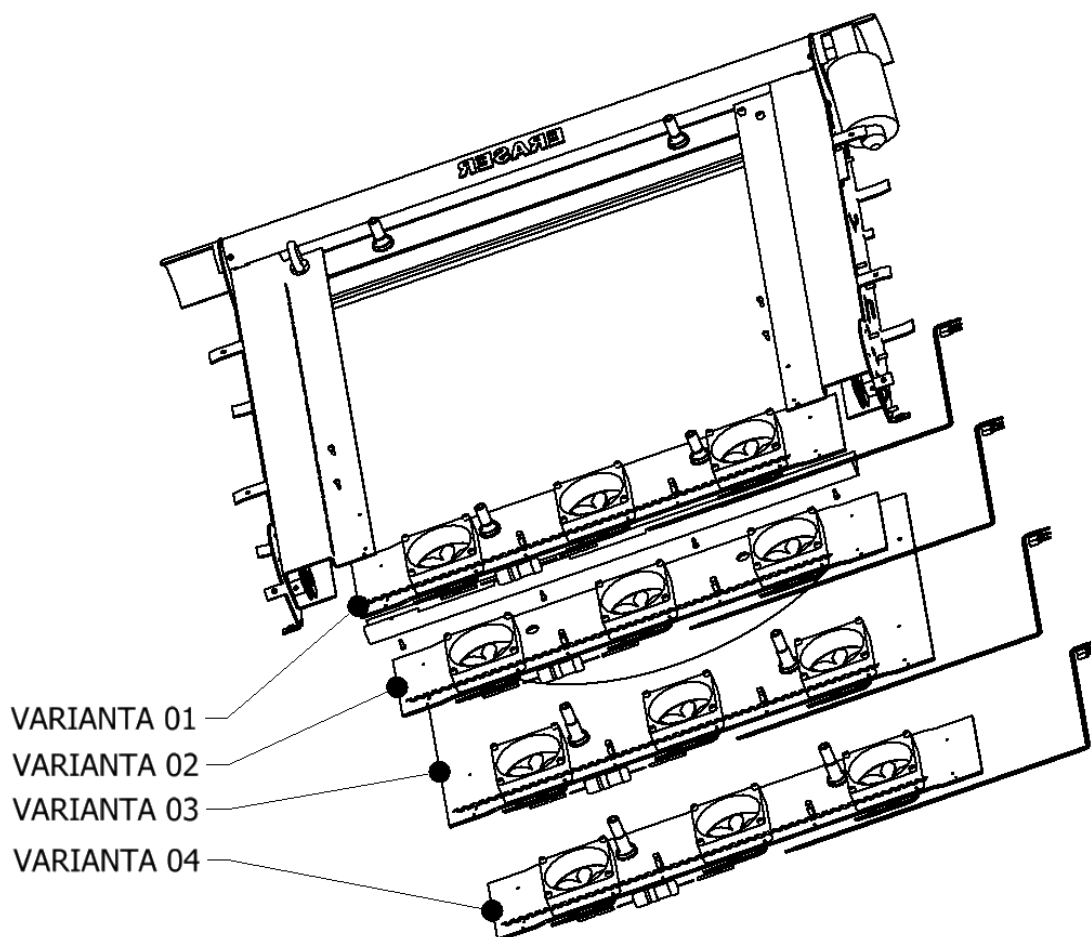
Obr. 3.7 Montáž stmívacího systému - krok 2



Obr. 3.8 Montáž stmívacího systému - krok 3



Obr. 3.9 Montáž stmívacího systému - krok 4



Obr. 3.10 Montáž stmívacího systému - krok 5

4 ROZBOR PŮVODNÍCH PARAMETRŮ

Pro rekonstrukci zařízení je potřeba stanovit parametry původního řešení a určit výchozí hodnoty.

4.1 Pohon systému

Stmívací systém ERASER je poháněn stejnosměrným elektromotorem SWMK 403 389 se šnekovým převodem firmy NIDEC (obr. 4.1). [16]

Jmenovité hodnoty motoru jsou:

$$M_{Mp} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

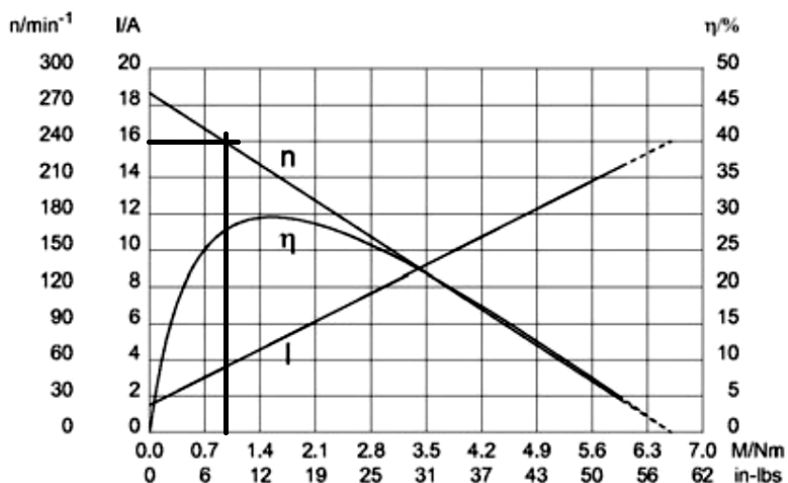
$$P_{Mp} = 24,9 \text{ W}$$

$$n_{Mp} = 240 \text{ min}^{-1}$$

$$U_{Mp} = 24 \text{ V}$$

$$I_{Mp} = 3,8 \text{ A}$$

$$\eta_{Mp} = 27 \%$$



Obr. 4.1 Elektromotor SWMK 403 389, charakteristika motoru [16]

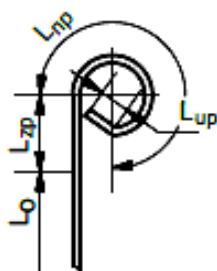
4.2 Parametry plátu

Plátu je navinuto na hřídeli průměru $d_h = 40$ mm. Tloušťka plátu je $t_{pl} = 0,2$ mm, šířka je 628 mm a celková délka plátu L_{pp} [mm] (obr. 4.2):

$$L_{pp} = L_{opmax} + L_{zp} + L_{np} + L_{up} = 503 + 100 + 47 + 22 = 672 \text{ mm} \quad (4.1)$$

Kde délka počátečního navinutí plátu je vypočtena:

$$L_{np} = \frac{3}{4} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{d_h}{2} = \frac{3}{4} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{40}{2} = 47 \text{ mm} \quad (4.2)$$



Obr. 4.2 Délka plátu

Celkový počet otáček hřídele potřebný k navinutí plátu n_p [–] je vypočítán dle údajů z tabulky 4.1 .

$$n_p = 0,25 + 1 + 1 + 1 + 0,7 \doteq 4 \text{ otáčky} \quad (4.3)$$

Tab. 4.1 Výpočet počtu navinutí v závislosti na délce plátna

n [–]	d _n [mm]	O _n [mm]	L _n [mm]	L _{op} [mm]	Část navinutí
0	40	125,7	31,4	471,6	0,25
1	40,4	126,9	126,9	344,7	1
2	40,8	128,2	128,2	216,5	1
3	41,2	129,4	129,4	87,1	1
4	41,6	130,7	87,1	0	0,7

Kde průměr hřídele s navinutým plátnem dle pořadí navinutí n [–] se vypočítá:

$$d_n = d_h + 2 \cdot n \cdot t_{pl} \quad (4.4)$$

A obvod O_n [mm], na který se plátno v danou chvíli navijí:

$$O_n = d_n \cdot \pi$$

Pak L_n [mm] je délka navíjeného plátna se zahrnutím části, o kterou se hřídel otočí k další změně průměru navíjení. Zbývající odvinutá délka L_{op} [mm] je délka, kterou je ještě potřeba navinout. Na počátku se L_{op} zjistí odečtením délky L_n od maximální hodnoty L_{opmax}, poté odečtením od předchozích L_{op} hodnot až ke koncovému bodu.

Čas zatemnění/odtemnění:

$$t_p = \frac{n_p \cdot 60}{n_{Mp}} = \frac{4 \cdot 60}{240} = 1 \text{ s} \quad (4.5)$$

Napínací síla plátna F_{np} [N], která by měla být při rekonstrukci přibližně zachována, je vypočtena z jmenovitého momentu motoru.

$$M_h = F_{np} \cdot \frac{d_h}{2} \quad (4.6)$$

$$F_{np} = \frac{2 \cdot M_h}{d_h} = \frac{2 \cdot M_{Mp}}{d_h} = \frac{2 \cdot 1}{0,040} = 50 \text{ N}$$

Z jmenovitých otáček na motoru je vypočtena původní rychlost plátna v_p [m · s⁻¹].

$$v_p = \frac{\pi \cdot d_h \cdot n_{Mp}}{60} = \frac{\pi \cdot 0,040 \cdot 240}{60} = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.7)$$

4.3 Materiál konstrukce

Konstrukce je vyrobena převážně ze slitiny hliníku AlMg4,5Mn. Tato slitina je chemicky stálá, dobře obrobitelná, tvářitelná, vhodná ke svařování. Pevnost v tahu $R_m = 270$ až 350 MPa, mez kluzu $R_e = 105$ až 125 MPa, kde vyšší hodnoty jsou určeny pro součásti do tloušťky 50 mm. [7]

5 NÁVRH ÚPRAV MECHANICKÉ ČÁSTI

Jedním z problémů stávající mechanické jednotky je, že není samostatně oddělitelná od stmívacího systému ERASER. Dalším problémem je složitá montáž mechanické jednotky. Dochází k zasekávání plátna a k celkově častým poruchám.

Proto navrhuji modulární mechanickou jednotku pro usnadnění případné výměny. Konstrukci mechanické jednotky volím s ohledem na jednoduchou montáž. Dále navrhuji záměnu stávajícího motoru za krokový motor z důvodu přesnějšího řízení polohy a s tím související záměnu lanového převodu za převod ozubenými řemeny. Převod ozubenými řemeny zajistí vyšší spolehlivost odvíjení/navíjení plátna za cenu nutnosti vypořádání se s rozdílnými rychlostmi řemene a plátna. Při těchto změnách mechanické jednotky je navržen jiný způsob dopnutí plátna.

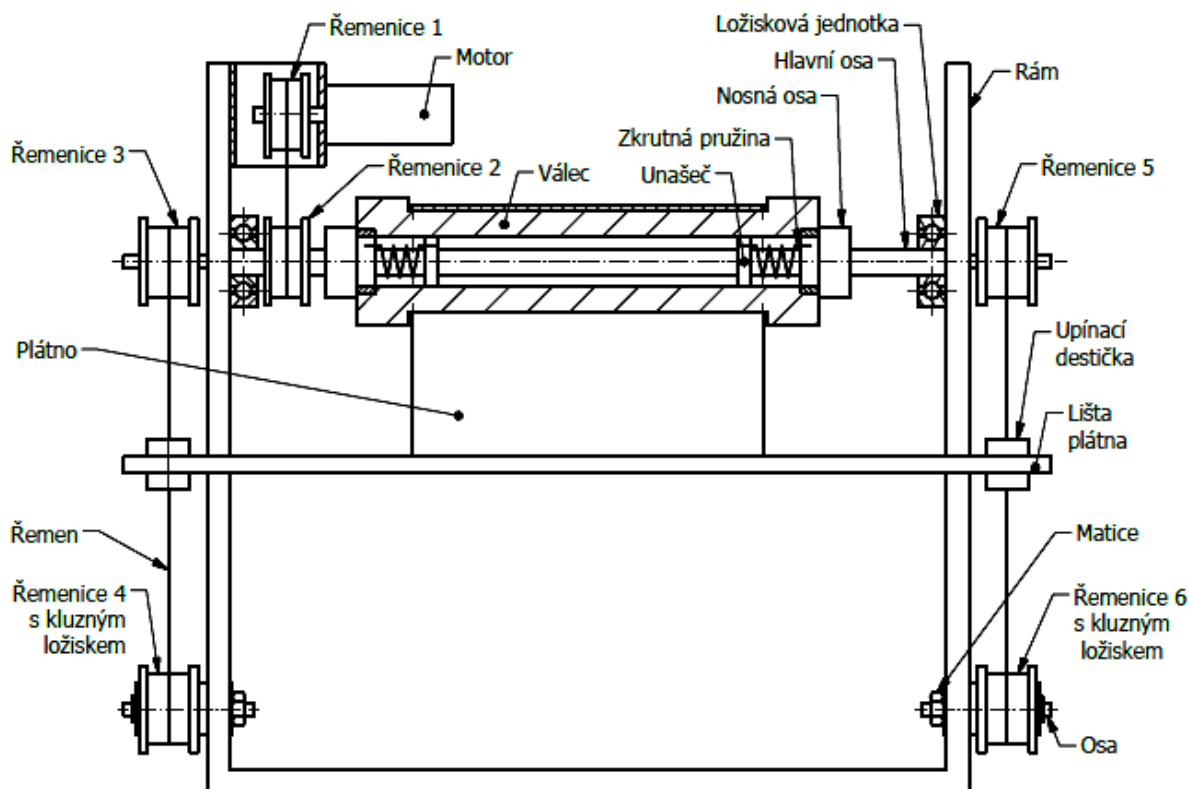
Pro vyřešení stávajících problémů a uskutečnění zmíněných úprav navrhuji dvě varianty řešení, které jsou popsány níže.

5.1 Návrh 1

Tento návrh mechanické jednotky se skládá z rámu svařeného z obdélníkových profilů, na němž jsou upevněny další komponenty, obr. 5.1 .

V horní části rámu je umístěn motor, který pomocí řemenového převodu pohání hlavní hřídel. Na zploštělou hřídel motoru je nasunuta ozubená řemenice 1, která je proti axiálnímu posuvu zajištěna šroubem. Řemenice 2 je s hlavní osou pevně spojena použitím svěrného pouzdra. Hlavní osa je umístěna v kuličkových ložiscích, které jsou uchyceny k rámu. Osa dále prochází skrz rám a na jejích koncích jsou pomocí svěrného pouzdra upevněny další ozubené řemenice 3, 5. Řemenice 4, 6 jsou opatřeny kluznými ložisky a umístěny na krátkých osách. Axiální posun řemenice 4 a 6 je na krátké ose vymezen jejím nákrůžkem přiloženým na rám na jedné straně a podložkou a pojistným kroužkem na straně druhé. Krátké osy dále prochází drážkou v rámu. Drážka v rámu umožňuje posun řemenic 4, 6, a tím dopnutí nebo povolení řemene. V čele krátkých os je šestihranný otvor, jejich konce jsou opatřeny závitem, a tak pomocí matic dotaženy k rámu. K bočním řemenovým převodům jsou připevněny destičky, spojené lištou plátna. V místech, kde lišta prochází rámem, je vytvořena drážka sloužící k jejímu vedení. Pro hladší vedení je lišta opatřena třecími kroužky. Mezi touto lištou a přitlačnou lištou je vsunut konec plátna. Lišty jsou k sobě přišroubovány skrz plátno. Druhý konec plátna je upnut k dutému válci pomocí další přitlačné lišty. Válec je kluzně uložen na nosných osách. Nosné osy jsou

pevně spojeny s hlavní osou pomocí svěrných pouzder. Uvnitř válce je přišroubován pravý a levý unášec. Na každé straně v prostoru mezi unášečem a nosnou osou je zkrutná pružina. Zkrutná pružina se ovíjí kolem hlavní osy a pomocí drážky v unášeči a drážky v nosné ose pružně spojuje válec s hlavní osou. Toto pružné spojení tak zajišťuje dopnutí



plátna a vyrovnávání rozdílu rychlostí řemenů a plátna.

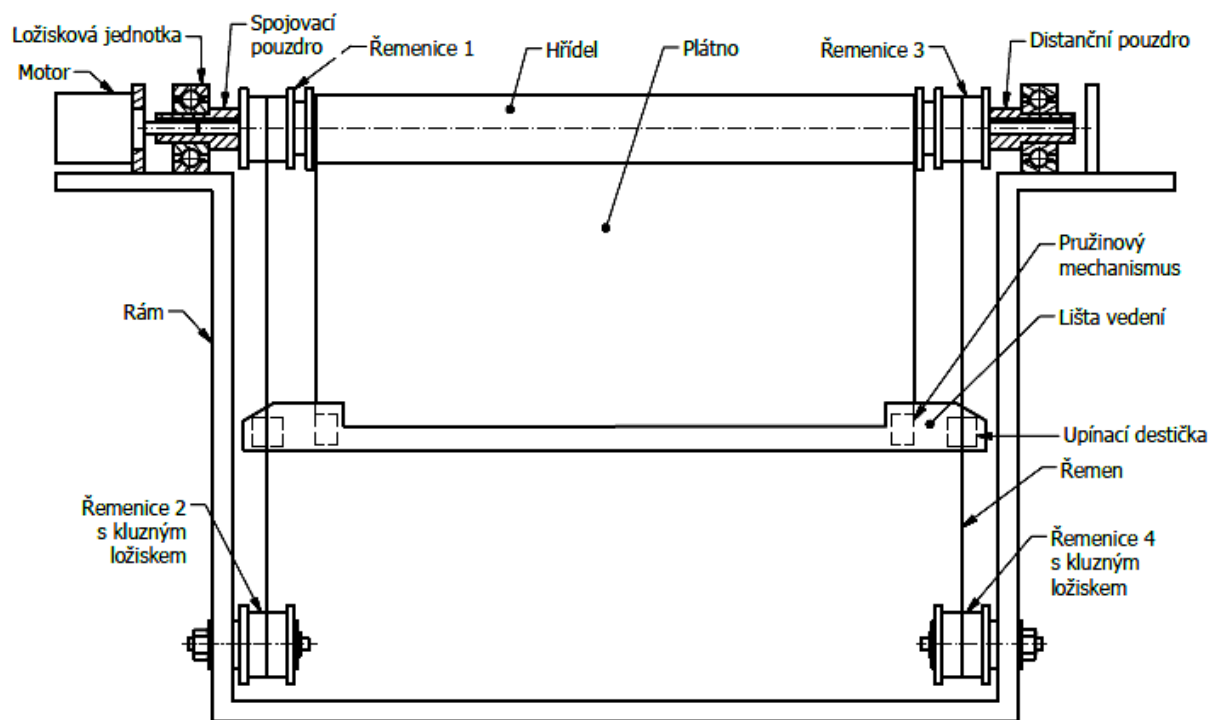
Obr. 5.1 Schéma návrhu 1

5.2 Návrh 2

Další návrh mechanické jednotky se také skládá z hlavního rámu, na němž jsou umístěny ostatní komponenty (obr. 5.2). Rám je však tvořen z více ohýbaných plechů s navařenými díly, které jsou k sobě sešroubovány.

K přírubě rámu vlevo nahoře je přišroubován motor. K propojení hřídele motoru a hřídele plátna slouží spojovací pouzdro s drážkou pro pero, které plní funkci trubkové spojky. Spojovací pouzdro je nalisováno do vnitřního kroužku ložiskové jednotky, která je přišroubovaná k rámu. Hřídel plátna je tedy jedním koncem uložena ve spojovacím pouzdře a druhým koncem v distančním pouzdře. Distanční pouzdro má totožné rozměry se spojovacím pouzdem, ale slouží pouze k vyrovnání rozdílu průměrů a vymezení vzdáleností. Je nalisováno do druhé ložiskové jednotky. Hřídel plátna je opatřena nákrůžky, které vymezují prostor pro navíjení plátna. Dále jsou nasunuty na hřídel až k nákrůžkům řemenice 1,3. S hřídelí jsou spojeny pomocí těsných per a jejich axiální

posun je zamezen opřením o spojovací pouzdro na jedné straně a o distanční pouzdro na straně druhé. Hřídel plátna má na svém obvodu plošku. Na ni je přiložen jeden konec plátna. Pomocí přitlačné lišty hřídele a šroubů je plátno připojeno k hřídeli. Druhý konec plátna je uchycen pomocí šroubů mezi další dvě přitlačné lišty. Uložení a funkce řemenic 2, 4 jsou totožné s uložením a funkcí řemenic 4, 6 z návrhu 1. Na obou řemenech jsou připevněny destičky, spojené lištou vedení. Lišta vedení zapadá do bočních kluzných vedení přišroubovaných k rámu. K liště vedení jsou připojeny pružinové mechanismy. Princip pružinového mechanismu je popsán v podkapitole 3.2.1. Tento pružinový mechanismus slouží k dopínání plátna a vyrovnávání rozdílných rychlostí řemenů a plátna. Čepy pružinového mechanismu jsou opatřeny závitem a přišroubovány k přitlačným lištám plátna pomocí matic.



Obr. 5.2 Schéma návrhu 2

5.3 Volba řešení

Návrh 1 je kompaktní řešení mechanické jednotky, má však větší počet dílů. Montáž/demontáž některých dílů by byla náročná. Předností návrhu 2 je jednoduchá montáž/demontáž jednotlivých dílů. Především napínací mechanismus zde tvoří jedna ucelená podsestava, kterou lze snadno připojit. Z těchto důvodů volím návrh 2 a dále pokračuji v řešení jeho konstrukce.

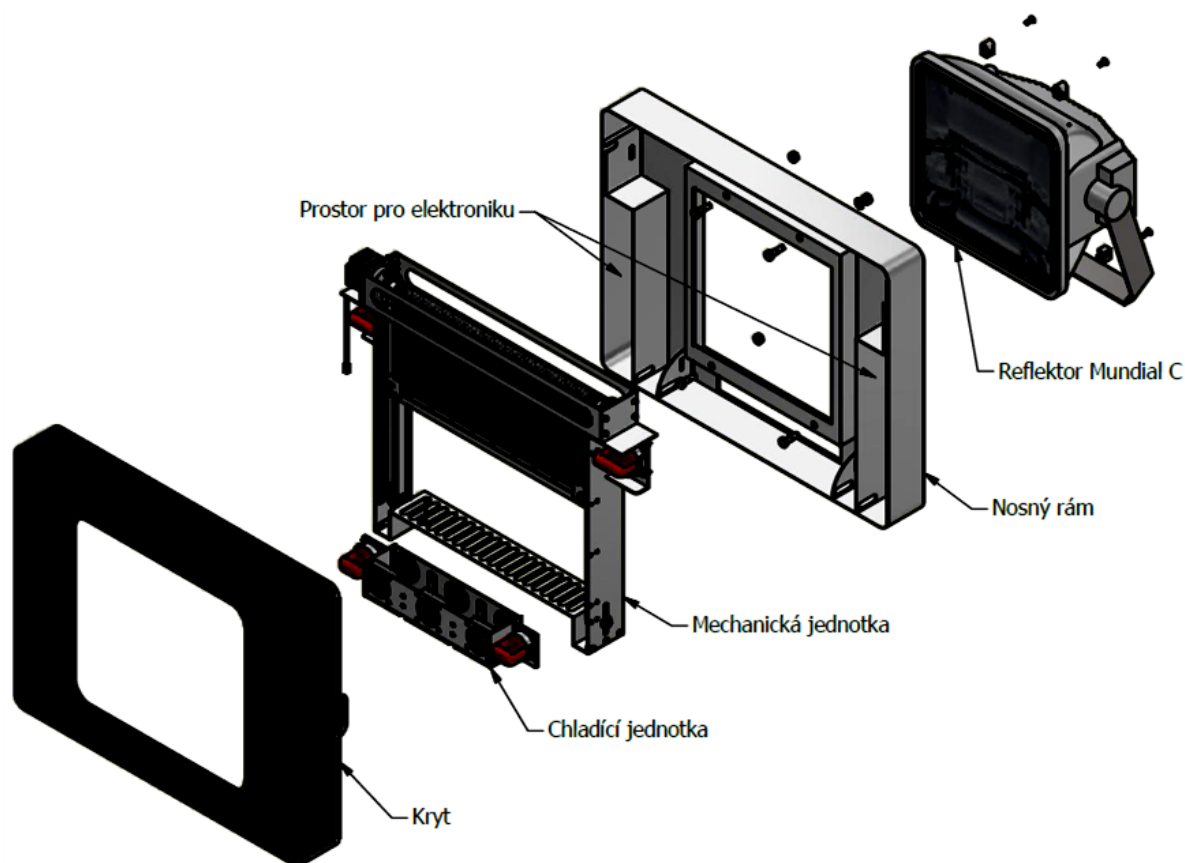
6 VÝSLEDNÝ NÁVRH

Navrhují stmívací zařízení délky 980 mm, výšky 775 mm a šířky 125 mm. Zařízení je určeno k připojení na výbojkový reflektor Mundial C. Způsob připojení je totožný s původním řešením. Nosný rám se přišroubuje k reflektoru pomocí čtyř držáků reflektoru a čtyř šroubů se zápusťnou hlavou. Plocha, kterou při odvinutí plátna zařízení zatemní, je dána rozměry 465 mm x 470 mm.

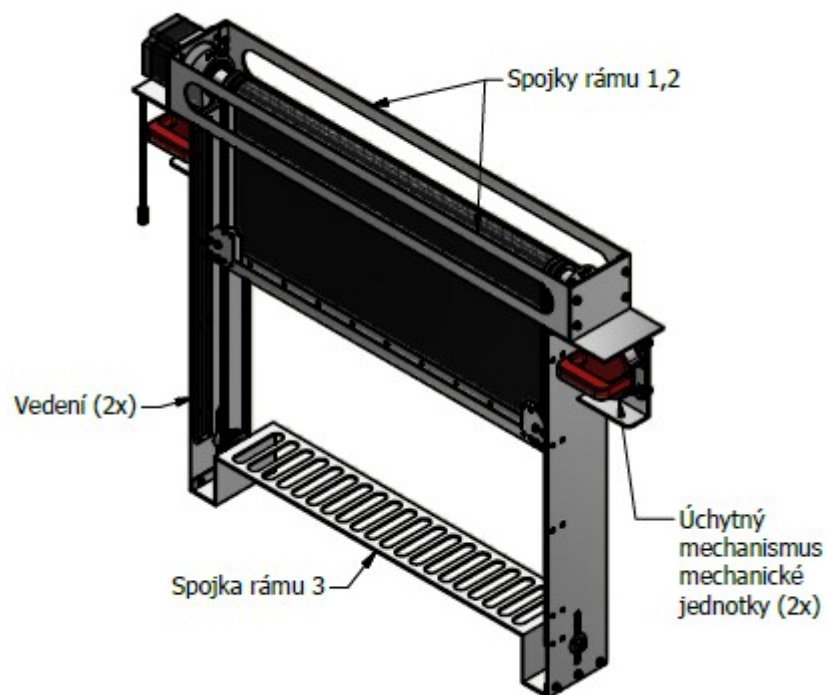
Stmívací zařízení je jednoduché konstrukce. Skládá se z nosného rámu, do kterého je zasunuta mechanická jednotka a chladicí jednotka s ventilátory. Obě jednotky jsou opatřeny úchytnými mechanismy, které v uzamčené poloze zabraňují proti vypadnutí jednotek z rámu a v otevřené poloze umožňují jejich snadné vyjmutí. Ve volných prostorách nosného rámu je místo pro elektroniku.

Konstrukce mechanické jednotky je dána zvoleným návrhem 2 a popsána v kapitole 5. Z obrázku 6.1 je zřejmé její kompletní řešení. Je doplněna o úchytné mechanismy, spojky rámu a vedení lišt.

Celé zařízení je opatřeno krytem se zácvaky k nosnému rámu. Většina komponentů je vyrobena ze slitiny hliníku AlMg4,5Mn dle původního řešení.



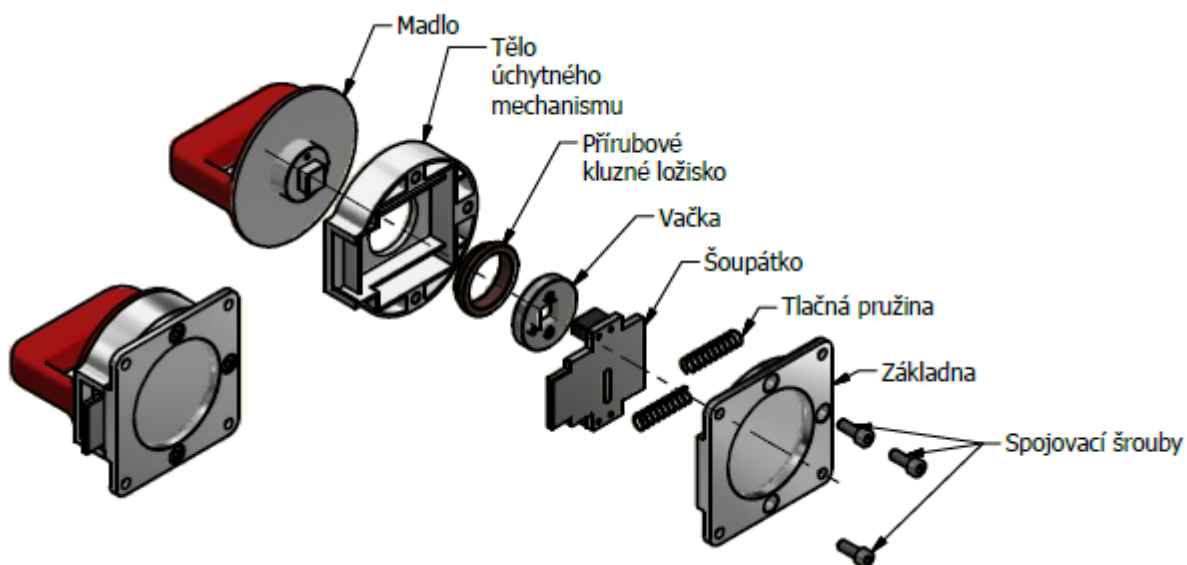
Obr. 6.1 Kompletní řešení stmívacího zařízení



Obr. 6.2 Mechanická jednotka

6.1 Úchytný mechanismus

Při pootočení madla, které je uloženo v kluzném ložisku, dojde k natočení vačky. Ta pohne šoupátkem, jehož zámek zapadne do drážky v nosném rámu. Tlačné pružiny jsou zde umístěny z důvodu dotlačení šoupátka do uzamčené polohy. Zabraňují samovolnému pootočení madla a následnému vypadnutí jednotky z rámu. Komponenty, ze kterých se úchytný mechanismus skládá, jsou popsány na obrázku 6.3.



Obr. 6.3 Úchytný mechanismus

6.2 Montáž mechanické jednotky

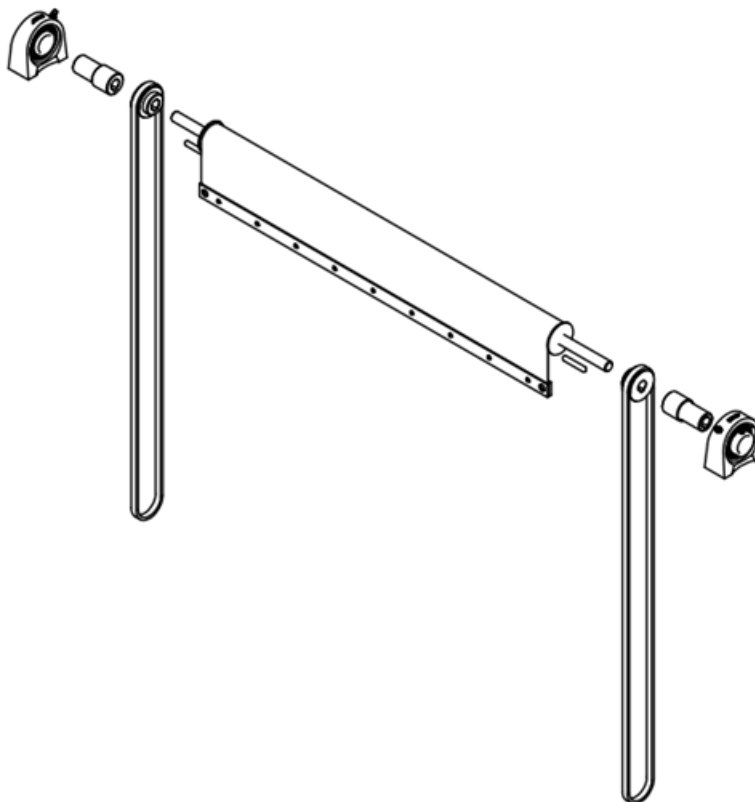
Nejprve se na hřídel s přišroubovaným plátnem s lištou nasunou a upevní pomocí těsných per ozubené řemenice s řemeny. Na konce hřídele se nasune spojovací a distanční pouzdro, na které jsou nalisované ložiskové jednotky (obr. 6.4).

V kroku 2 se celá tato sestava přišroubuje k rámu, který je tvořen bočnicemi s vedeními a zadní spojkou rámu. Mezi ložiskovými jednotkami a rámem jsou vloženy distanční profily (obr. 6.5).

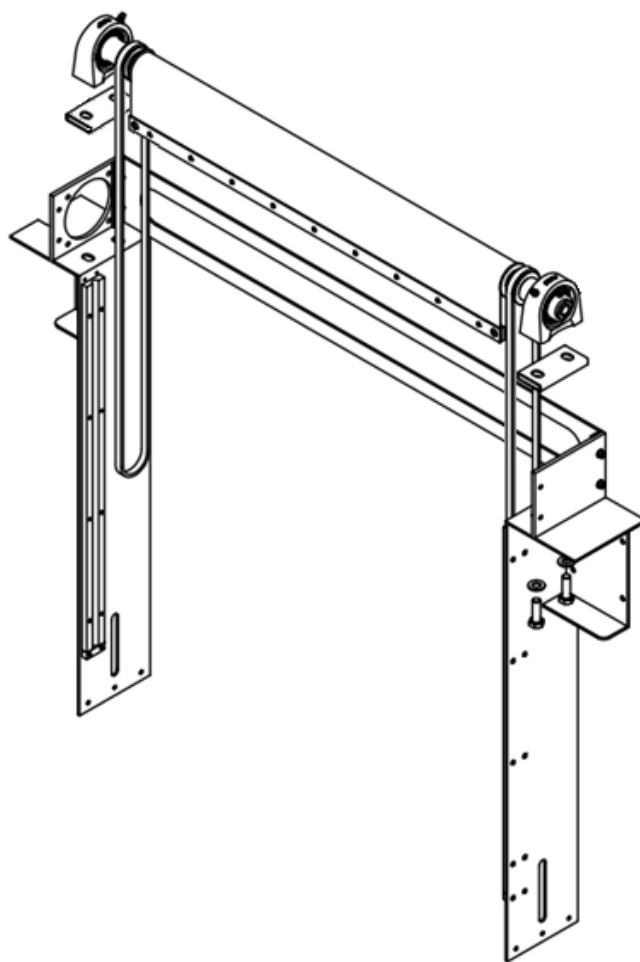
Dále se pomocí spojovacího pouzdra a těsného pera propojí hřídel motoru s hřídelí plátna. Motor je přišroubován k bočnici rámu. Poté se vsunou napínací řemenice do drážek v bočnicích rámu. Pomocí napínacích řemenic se dopnou řemeny (obr. 6.6).

V kroku 4 se k liště vedení přišroubují napínací mechanismy a upínací destičky s hladkým povrchem. Lišta vedení se vsune do drážek vedení bočnic. Poté se napínací mechanismy připevní k liště plátna. Plátno se napne a pomocí lišty vedení uchytí upínacími destičkami s opačným profilem ozubení k ozubeným řemenům. Pak je přišroubována přední spojka rámu (obr. 6.7).

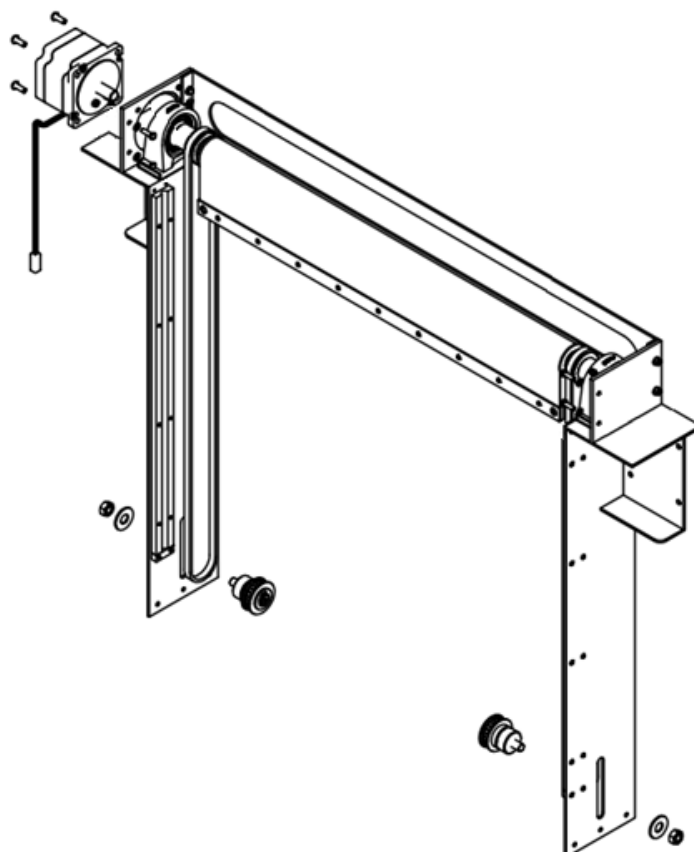
V posledním kroku se k rámu přišroubují úchytné mechanismy a spodní spojka rámu (obr. 6.8).



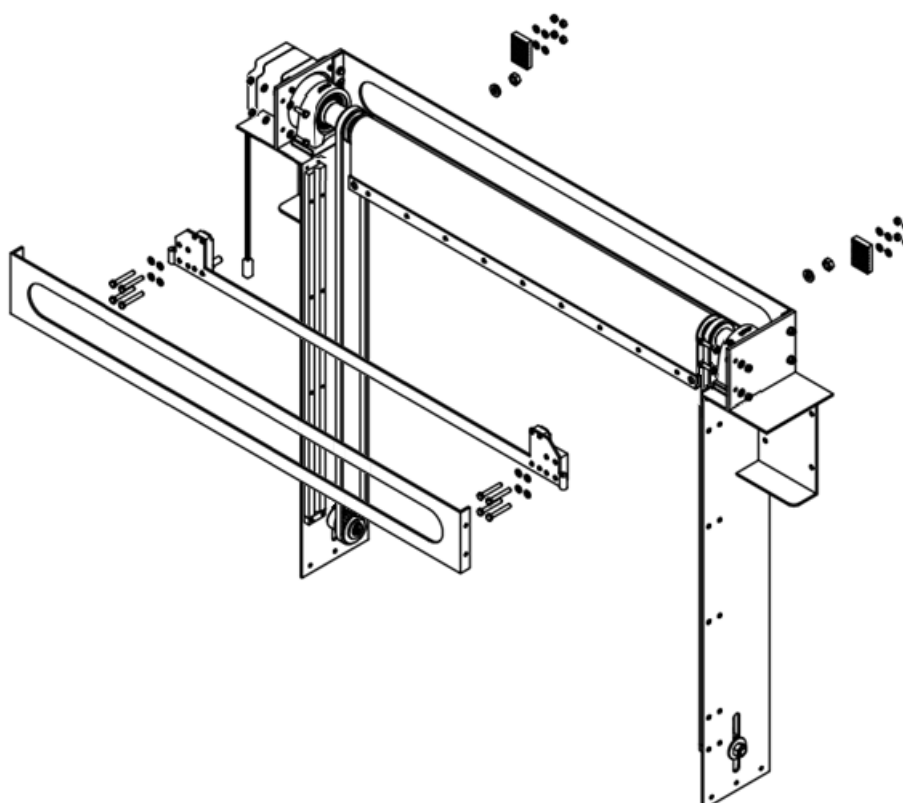
Obr. 6.4 Mechanická jednotka - krok 1



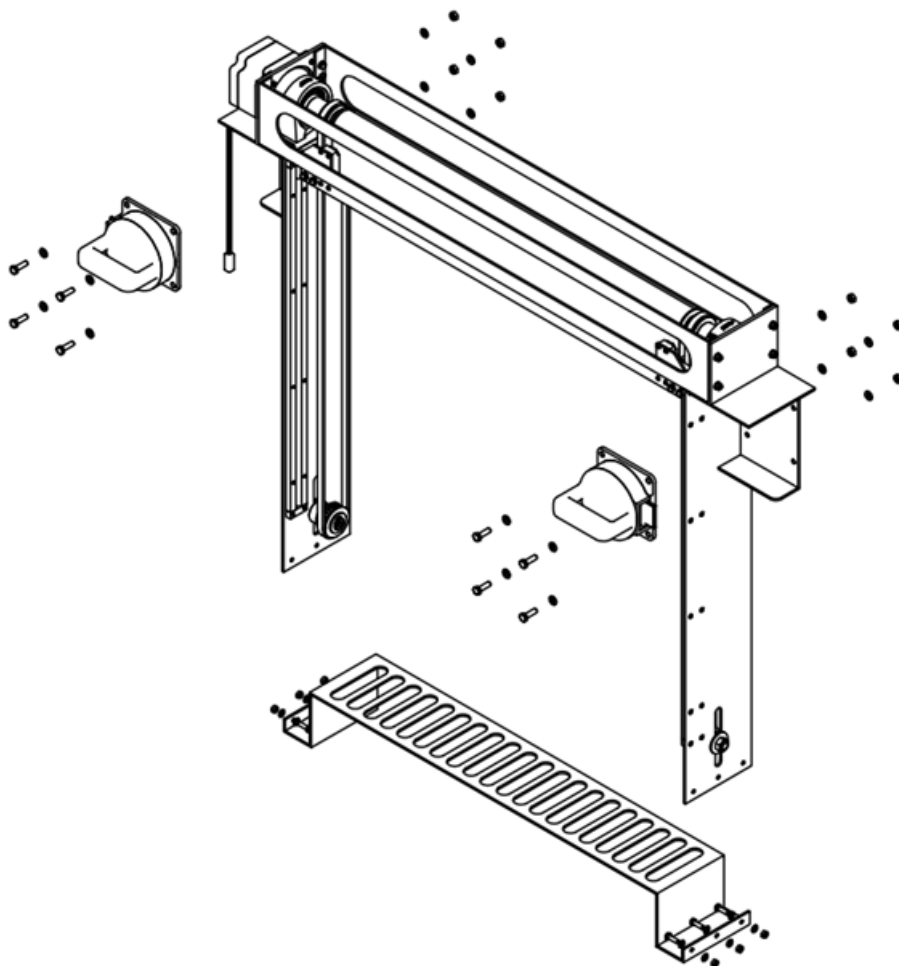
Obr. 6.5 Mechanická jednotka - krok 2



Obr. 6.6 Mechanická jednotka - krok3



Obr. 6.7 Mechanická jednotka - krok 4



Obr. 6.8 Mechanická jednotka - krok 5

7 VOLBA KOMPONENT A PEVNOSTNÍ VÝPOČTY

Cílem této kapitoly je správný návrh komponent a vyhovění pevnostním kontrolám. Kapitola obsahuje nové parametry plátna, volbu motoru, návrh řemenového převodu, návrh napínacího mechanismu, statickou kontrolu hřídele plátna a výpočet statické bezpečnosti ložisek.

7.1 Parametry plátna

Zůstává zachován původní průměr hřídele $d_h = 40$ mm, na kterou se plátno navíjí. Je použito stejné plátno tloušťky $t_{pl} = 0,2$ mm, šířky 628 mm. Z konstrukčních důvodů oproti původní délce plátna je změněna pouze délka L_z [mm], tím se mění celková délka plátna L_p [mm].

$$L_p = L_{opmax} + L_z + L_{np} + L_{up} = 503 + 80 + 47 + 22 = 652 \text{ mm} \quad (7.1)$$

Délka L_z neovlivňuje celkový počet otáček hřídele potřebný k navinutí plátna, zůstává stejný:

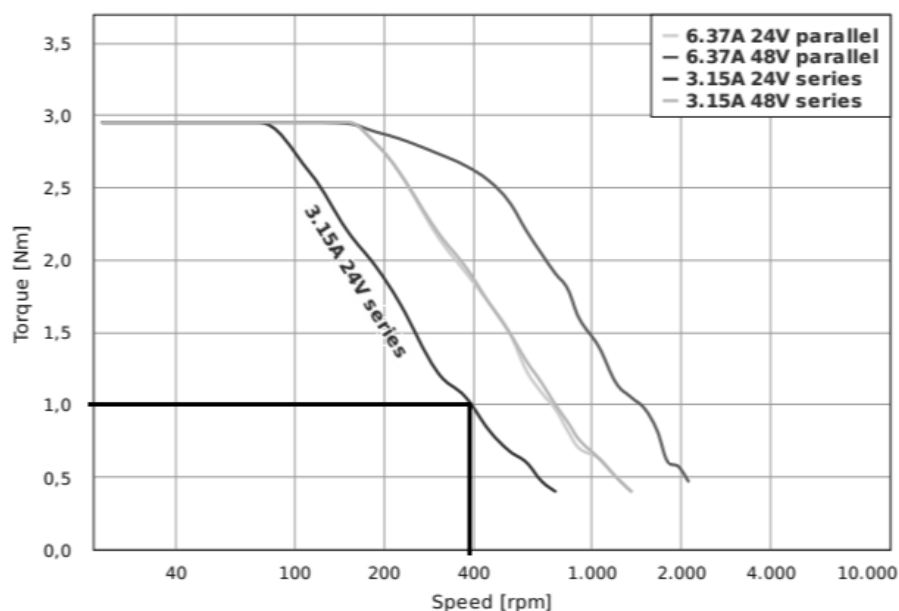
$$n_p = 4$$

7.2 Volba motoru

Pro přesnější řízení odvinutí/navinutí plátna volím krokový elektromotor NEMA 34 firmy NANOTEC (obr. 7.1). Elektromotor je zvolen s ohledem na jeho rozměry a jmenovitý moment. Jmenovitý moment $M_{Mj} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ je zvolen dle původního motoru, otáčky jsou odečteny z grafu, obr. 7.2.



Obr. 7.1 Motor NEMA 34 [15]



Obr. 7.2 Charakteristika motoru NEMA 34 s jmenovitými hodnotami [15]

Výpočet výkonu motoru

$$P_M = \frac{M_{Mj} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{Mj}}{60} = \frac{1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 400}{60} = 41,9 \text{ W} \quad (7.2)$$

Čas zatemnění/odtemnění

Z důvodu zvýšení otáček motoru se zkrátí doba zatemnění/odtemnění plátna.

$$t = \frac{n_p \cdot 60}{n_{Mj}} = \frac{4 \cdot 60}{400} = 0,6 \text{ s} \quad (7.3)$$

Doba rozběhu motoru

K zjištění, zda je vhodné použít tento elektromotor, je potřeba provést výpočet doby rozběhu t_r [s]. Pro řešení mechanismu je použita metoda redukce setrvačných hmot na rotační pohyb, ze které plyne výpočet redukovaného momentu I_{RED} [kg · m²]. Do výpočtu je zahrnut rotační pohyb hřídele s komponenty na ní, posuvný pohyb přítláčných lišt s destičkami a rotační pohyb řemenic 2,4.

$$\frac{1}{2} \cdot I_{RED} \cdot \omega_M^2 = \frac{1}{2} \cdot I_H \cdot \omega_M^2 + \frac{1}{2} \cdot m_L \cdot v^2 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot I_f \cdot \omega_M^2 \quad (7.4)$$

$$v = \omega_M \cdot \frac{d_4}{2} \quad (7.5)$$

$$I_{RED} = I_H + m_L \cdot \frac{d_4^2}{4} + 2 \cdot I_f$$

$$I_{RED} = 5 \cdot 10^{-4} + 0,7 \cdot \frac{0,0416^2}{4} + 0,1 \cdot 10^{-4} = 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Průměr d_4 [mm] dle tab 4.1.

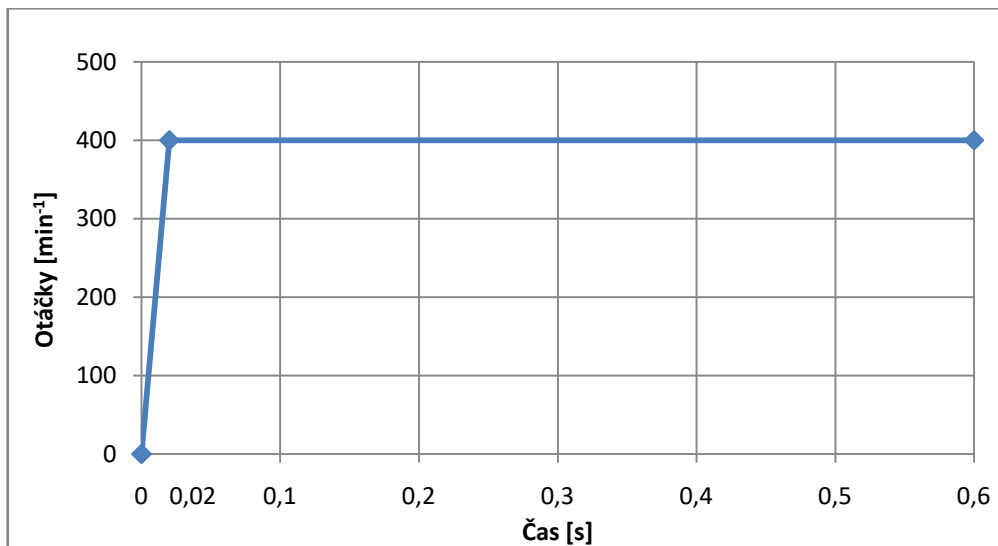
Úhlové zrychlení je vypočteno ze středního momentu elektromotoru M_{Ms} [N · m].

$$\varepsilon = \frac{M_{Ms}}{I_{RED}} = \frac{2}{8,1 \cdot 10^{-4}} = 2469,1 \text{ s}^{-2} \quad (7.6)$$

Doba rozběhu elektromotoru:

$$t_r = \frac{\omega_M}{\varepsilon} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{Mj}}{\varepsilon \cdot 60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 400}{2469,1 \cdot 60} = 0,02 \text{ s} \quad (7.7)$$

Výsledné hodnoty jsou zaznačeny v grafu 7.3. Čas potřebný k odvinutí plátna je 0,6 s. Doba rozběhu elektromotoru je 0,02 s. Tento pohon pro stmívací zařízení vyhovuje.

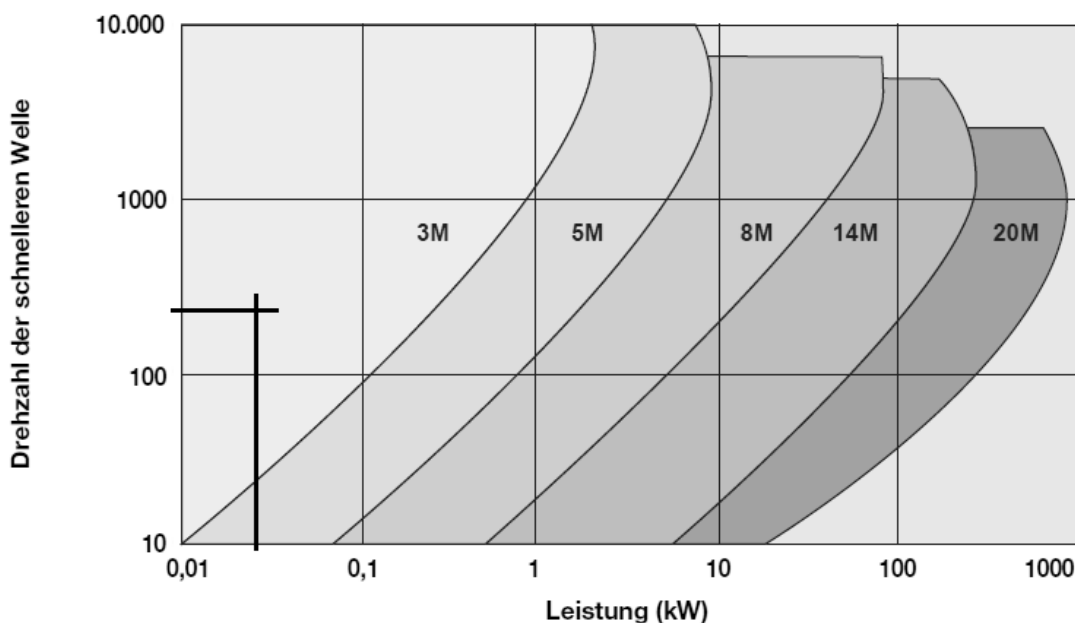


Obr. 7.3 Graf závislosti jmenovitých otáček motoru na čase

7.3 Volba řemenového převodu

Volím dva stejné převody ozubenými řemeny, profilu HTD, firmy GATES. Profil HTD je nejpoužívanější a nejrozšířenější řadou ozubených řemenů, které jsou používány pro přenos nízkých a středních výkonů, jsou vhodné pro většinu běžných pohonů. Tvar ozubení snižuje koncentraci napětí v kořenech zubů a tím prodlužuje jeho životnost. Řemeny jsou složeny z neoprenového obalu s tažnými kordy ze skleněných vláken.

Podle výkonu motoru $P_M = 0,0419 \text{ kW}$ a otáček řemenice $n_f = 400 \text{ min}^{-1}$ je možno zvolit nejnižší řadu řemene 3M (obr. 7.4). Pro tento typ však nejsou dostupné upínací destičky. Proto volím typ 5M šířky 9 mm s upínací destičkou, viz příloha A. [11]



Obr. 7.4 Volba typu řemene [8]

Volím převodový poměr 1. Při volbě velikosti řemenic беру ohled na průměr hřídele plátna. Volím 4 řemenice s označením 26 - 5M - 09 s roztečným průměrem $d_w = 41,38 \text{ mm}$, viz příloha B. [10] Osovou vzdálenost řemenic $A = 625 \text{ mm}$ volím dle konstrukčního návrhu. Pro zjištění nejbližší dostupné délky řemene pro osovou vzdálenost A a kontrolu řemene je použit výpočtový program firmy GATES, který mi byl zprostředkován firmou HABERKORN.

GATES DESIGN FLEX MOBILE

Info. o pohonu

? - Zadejte podrobněji

Výkon	0,0419	kw	
Provozní faktor Synch. řemeny	1,0		?
min-1 vstup	400	Řemenice	?
GB Ratio	1,00		
Poměr otáček	1,00		
Nom. osová vzd.	625,00	mm	?

Konstrukce pohonu

Nový pohon **Změna pásy**

Design Flex®

Obr. 7.5 Vstupní hodnoty [9]

GATES DESIGN FLEX MOBILE

Nápověda Provozní součinitel


Charakteristika pohonu	Stálý točivý moment
Druh provozu	Občasný / sezónní (a
Charakteristika poháněného stroje	Malé namáhání

Uložit **Přestat**

Nový pohon **Změna disku** **Změna pásy**

Design Flex®

Obr. 7.6 Volba provozního součinitele [9]


DESIGN FLEX®
MOBILE

Vyříděno Δ osových vzd..

Relativní náklad

Jmenovitý výkon

Rychlost hnaná (Δ)

Single Strand

☒ Problémové pohony - 1

Řemen	Poznámky	Hnací	Hnaný	Jmenovitý výkon	Otáčky na výstupu:	Osová vzdálenost
1380-5M-9		26-5M-09	26-5M-09	0,19	400	625,0

- Užší kladka musí mít přírubu

- Pohon je předimenzován a účinnost může být snížena.

- Pro správnou funkci řemene může být nezbytné vybavit obě řemenice přírubou.

- Vyrovnání je rozhodující pro dlouhou osovou vzdálenost.

- Hnací řemenice musí mít požadovaný průměr díry. Počítejte s delší dobou výroby..


- Hnací řemenice; hřídel by měla odpovídat volnému uložení H8. Hřídel musí vniknout na 100%.

- Hnaná řemenice musí mít nestandardní průměr díry. Počítejte s delší dodací lhůtou.

- Průměr díry hnané řemenice; hřídel by měla odpovídat volnému uložení Class LC2. Hřídel musí vniknout na 100%.

Design Flex®

Obr. 7.7 Délka řemene pro zadanou osovou vzdálenost [9]


DESIGN FLEX®
MOBILE

Detaily pohonu

Typ řemene:	PowerGrip HTD	5M
Řemen:	1380-5M-9	9293-42702
Hnací:	26-5M-09	
Pouzdro:		
Hnaný:	26-5M-09	
Pouzdro:		
min-1 (DR/DN):	400	400
Jmenovitý výkon/Předimanzování:	0,19 kW	3,9
Osová vzdálenost:	625,0 mm	

Napětí

E-mail

Ke stažení Výtisk

Vybrat další

Vybrat další

Obr. 7.8 Parametry navrženého řemenového převodu [9]

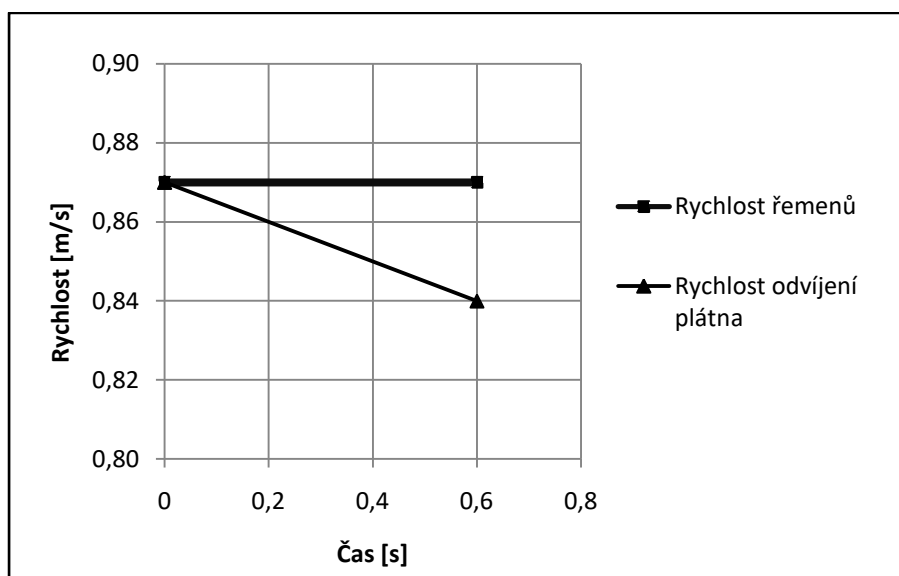
7.4 Volba pružiny napínacího mechanismu

Pro svůj návrh volím stejný princip pružinového mechanismu jako je v původním řešení, viz podkapitola 3.2.1. Zde slouží nejen k napínání plátna, ale i k vyrovnání rozdílu vzdáleností způsobeného odlišnými rychlostmi řemenů a plátna. Obvodová rychlost řemene v_f [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] a rychlost odvíjení plátna na začátku v_{pz} [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] jsou přibližně stejné. Při postupném odvíjení plátna z hřídele se rychlost plátna zvyšuje až na konečnou hodnotu v_{pk} [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]. Závislost těchto rychlostí na čase je zobrazena v grafu 7.9.

$$v_{\dot{r}} = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_{Mj}}{60} = \frac{\pi \cdot 0,04138 \cdot 400}{60} = 0,87 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.8)$$

$$v_{pz} = \frac{\pi \cdot d_4 \cdot n_{Mj}}{60} = \frac{\pi \cdot 0,0416 \cdot 400}{60} = 0,87 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.9)$$

$$v_{pk} = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot n_{Mj}}{60} = \frac{\pi \cdot 0,040 \cdot 400}{60} = 0,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.10)$$



Obr. 7.9 Graf závislosti rychlostí na čase

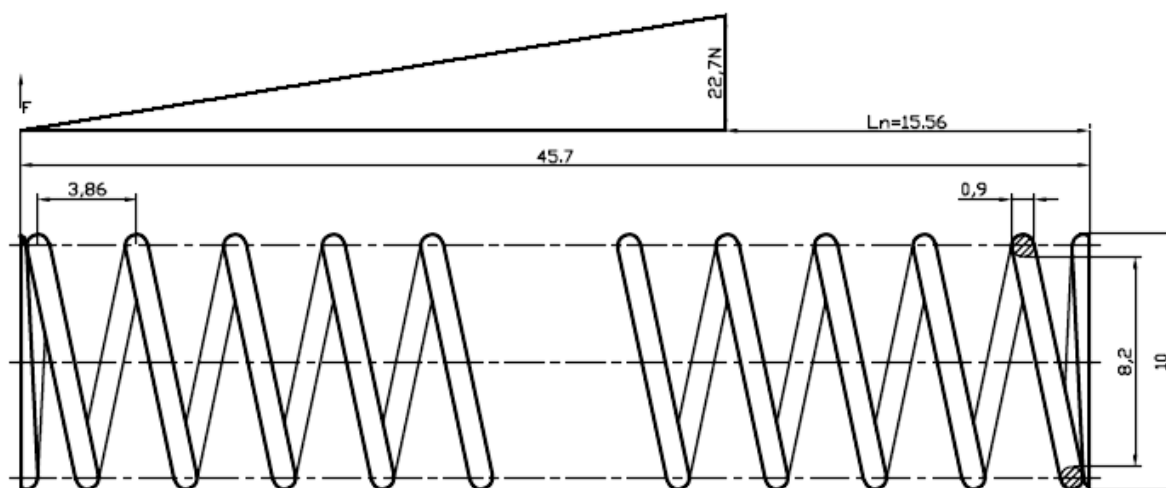
Plátno se odvine po 4 otáčkách, tedy za 0,6 s. Vzdálenost, kterou mezitím urazí řemeny je $L_{\dot{r}}$ [mm]. Délka maximálně odvinutého plátna je $L_{opmax} = 503$ mm.

$$L_{\dot{r}} = n \cdot O_{\dot{r}} = n \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{d_w}{2} = 4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{41,38}{2} = 520 \text{ mm} \quad (7.11)$$

Rozdíl těchto délek udává minimální potřebné stlačení pružiny ΔL_{min} [mm].

$$\Delta L_{min} = L_{opmax} - L_{\dot{r}} = 520 - 503 = 17 \text{ mm} \quad (7.12)$$

Pro zachování potřebného stlačení a zachování napnutí plátna volím tlačnou pružinu 0,9 x 10 x 40 firmy VANEL. Parametry pružiny jsou patrné z obrázku 7.10.



Obr. 7.10 Parametry pružiny [24]

Maximální napínací síla plátna

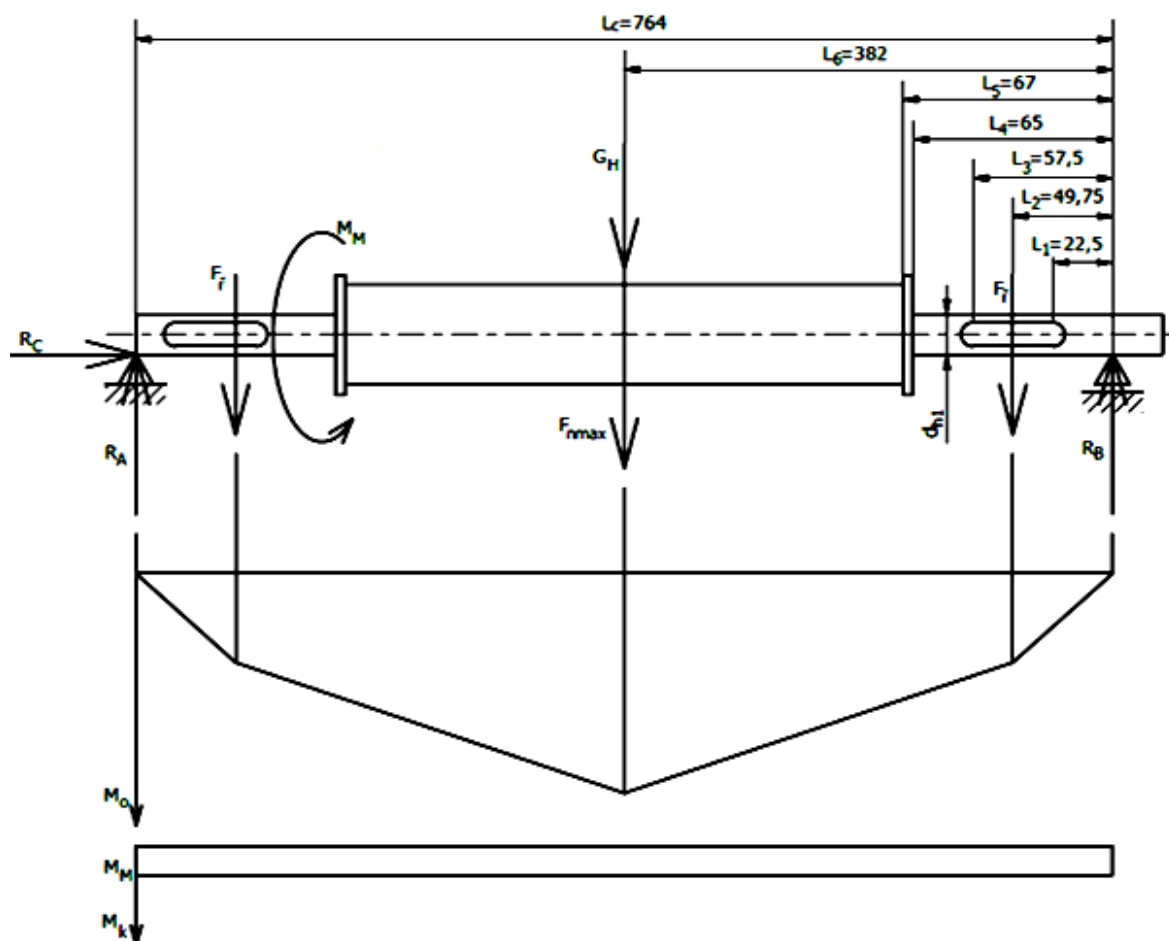
$$F_{n\max} = 2 \cdot F_{p\max} = 2 \cdot 22,7 = 45,4 \text{ N} \quad (7.13)$$

7.5 Výpočet hřídele

Hřídel roztáčí maximální krouticí moment z motoru $M_M = 2,9 \text{ N} \cdot \text{m}$. Na ohyb je zatěžována tahovou silou vyvozenou řemenovými převody $F_{\text{ř}} [\text{N}]$ a napínací silou pružinových mechanismů $F_{n\max} = 45,4 \text{ N}$. Do výpočtu zahrnuji zavedením osamělé síly v těžišti soustavy hřídele $G_H [\text{N}]$ vlastní tíhu hřídele a tíhu prvků, které jsou na hřídeli zavěšeny. Celková hmotnost soustavy hřídele $m_c [\text{kg}]$ je zjištěna z 3D modelu, vytvořeném v programu INVENTOR.

$$F_{\text{ř}} = \frac{M_M \cdot 2}{d_w} = \frac{2900 \cdot 2}{41,38} = 140 \text{ N} \quad (7.14)$$

$$G_H = m_c \cdot g = 3,4 \cdot 9,81 = 33 \text{ N} \quad (7.15)$$



Obr. 7.11 Hřídel plátna s průběhy momentů

Výpočet reakčních sil z rovnic rovnováhy:

$$\sum M_{i0} = F_{\check{r}} \cdot L_2 + (G_H + F_{nmax}) \cdot L_6 + F_{\check{r}} \cdot L_7 - R_B \cdot L_c = 0 \quad (7.16)$$

$$R_B = \frac{F_{\check{r}} \cdot L_2 + (G_H + F_{nmax}) \cdot L_6 + F_{\check{r}} \cdot L_{10}}{L_c}$$

$$R_B = \frac{140 \cdot 49,75 + (33 + 45,4) \cdot 382 + 140 \cdot 714,25}{764} = 179,2N$$

$$\sum F_{ix} = R_C = 0 \rightarrow R_C = 0N \quad (7.17)$$

$$\sum F_{iy} = R_A + R_B - F_{\check{r}} - F_{\check{r}} - G_H - F_{nmax} = 0 \quad (7.18)$$

$$R_A = -R_B + F_{\check{r}} + F_{\check{r}} + G_H + F_{nmax}$$

$$R_A = -179,2 + 140 + 140 + 33 + 45,4 = 179,2N$$

Výpočet ohybových momentů:

$$M_{o1} = R_A \cdot L_1 = 179,2 \cdot 22,5 = 4032 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (7.19)$$

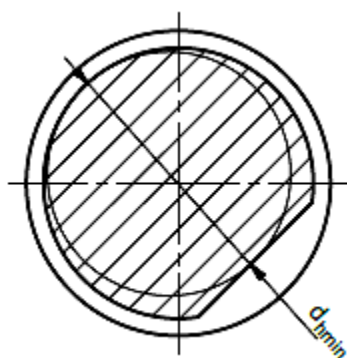
$$M_{o2} = R_A \cdot L_2 = 179,2 \cdot 49,75 = 8915,2 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (7.20)$$

$$\begin{aligned} M_{o3} &= R_A \cdot L_3 - F_{\check{r}} \cdot (L_3 - L_2) \\ M_{o3} &= 179,2 \cdot 57,5 - 140 \cdot (57,5 - 49,75) = 9219 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned} \quad (7.21)$$

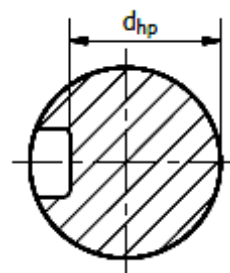
$$\begin{aligned} M_{o4} &= R_A \cdot L_4 - F_{\check{r}} \cdot (L_4 - L_2) \\ M_{o4} &= 179,2 \cdot 65 - 140 \cdot (65 - 49,75) = 9513 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned} \quad (7.22)$$

$$\begin{aligned} M_{o5} &= R_A \cdot L_5 - F_{\check{r}} \cdot (L_5 - L_2) \\ M_{o5} &= 179,2 \cdot 67 - 140 \cdot (67 - 49,75) = 9591,4 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned} \quad (7.23)$$

$$\begin{aligned} M_{o6} &= R_A \cdot L_6 - F_{\check{r}} \cdot (L_6 - L_2) \\ M_{o6} &= 179,2 \cdot 382 - 140 \cdot (382 - 49,75) = 21939,4 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned} \quad (7.24)$$



Obr. 7.13 Průřez zploštělé části hřídele



Obr. 7.12 Řez hřídele plátna

Výpočet napětí v ohybu:

Jsou dány důležité průřezy pro výpočet ohybových napětí: d_{h1} (obr. 7.11), d_{hmin} (obr. 7.12) a d_{hp} (obr. 7.13).

$$\sigma_{o1} = \frac{M_{o1}}{W_{ohp}} = \frac{M_{o1}}{\frac{\pi \cdot d_{hp}^3}{32}} = \frac{4032}{\frac{\pi \cdot 11,1^3}{32}} = 30 \text{ MPa} \quad (7.25)$$

$$\sigma_{o2} = \frac{M_{o2}}{W_{ohp}} = \frac{M_{o2}}{\frac{\pi \cdot d_{hp}^3}{32}} = \frac{8915,2}{\frac{\pi \cdot 11,1^3}{32}} = 66,4 \text{ MPa} \quad (7.26)$$

$$\sigma_{o3} = \frac{M_{o3}}{W_{ohp}} = \frac{M_{o3}}{\frac{\pi \cdot d_{hp}^3}{32}} = \frac{9219}{\frac{\pi \cdot 11,1^3}{32}} = 68,7 \text{ MPa} \quad (7.27)$$

$$\sigma_{o4} = \frac{M_{o4}}{W_{oh1}} = \frac{M_{o4}}{\frac{\pi \cdot d_{h1}^3}{32}} = \frac{9513}{\frac{\pi \cdot 14^3}{32}} = 35,3 \text{ MPa} \quad (7.28)$$

$$\sigma_{o5} = \frac{M_{o5}}{W_{ohmin}} = \frac{M_{o5}}{\frac{\pi \cdot d_{hmin}^3}{32}} = \frac{9591,4}{\frac{\pi \cdot 36^3}{32}} = 2,1 \text{ MPa} \quad (7.29)$$

$$\sigma_{o6} = \frac{M_{o6}}{W_{ohmin}} = \frac{M_{o6}}{\frac{\pi \cdot d_{hmin}^3}{32}} = \frac{21939,4}{\frac{\pi \cdot 36^3}{32}} = 4,8 \text{ MPa} \quad (7.30)$$

Výpočet napětí v krutu:

Jsou dány důležité průřezy pro výpočet napětí v krutu: d_{h1} (obr. 7.11), d_{hmin} (obr. 7.12) a d_{hp} (obr. 7.13).

$$\tau_{k1} = \tau_{k2} = \tau_{k3} = \frac{M_M}{W_{khp}} = \frac{M_M}{\frac{\pi \cdot d_{hp}^3}{16}} = \frac{2900}{\frac{\pi \cdot 11,1^3}{16}} = 10,8 \text{ MPa} \quad (7.31)$$

$$\tau_{k4} = \frac{M_M}{W_{khp}} = \frac{M_M}{\frac{\pi \cdot d_{h1}^3}{16}} = \frac{2900}{\frac{\pi \cdot 14^3}{16}} = 5,4 \text{ MPa} \quad (7.32)$$

$$\tau_{k5} = \tau_{k6} = \frac{M_M}{W_{khmin}} = \frac{M_M}{\frac{\pi \cdot d_{hmin}^3}{16}} = \frac{2900}{\frac{\pi \cdot 36^3}{16}} = 0,3 \text{ MPa} \quad (7.33)$$

Součinitelé vrubu pro namáhání v ohybu α_o [–] a v krutu α_k [–] jsou zvoleny pro jednotlivá kritická místa dle literatury. [1]

$$\alpha_{o1,2,3,6} = 1$$

$$\alpha_{o4} = 2,05$$

$$\alpha_{o5} = 2,25$$

$$\alpha_{k1,2,3,6} = 1$$

$$\alpha_{k4} = 1,6$$

$$\alpha_{k5} = 1,78$$

Výpočet redukovaných napětí:

$$\sigma_{red1} = \sqrt{(\alpha_{o1} \cdot \sigma_{o1})^2 + 3 \cdot (\alpha_{k1} \cdot \tau_{k1})^2} \quad (7.34)$$

$$\sigma_{red1} = \sqrt{(1 \cdot 30)^2 + 3 \cdot (1 \cdot 10,8)^2} = 35,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{red } 2} = \sqrt{(\alpha_{02} \cdot \sigma_{o2})^2 + 3 \cdot (\alpha_{k2} \cdot \tau_{k2})^2} \quad (7.35)$$

$$\sigma_{\text{red } 2} = \sqrt{(1 \cdot 66,4)^2 + 3 \cdot (1 \cdot 10,8)^2} = 69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{red } 3} = \sqrt{(\alpha_{03} \cdot \sigma_{o3})^2 + 3 \cdot (\alpha_{k3} \cdot \tau_{k3})^2} \quad (7.36)$$

$$\sigma_{\text{red } 3} = \sqrt{(1 \cdot 68,7)^2 + 3 \cdot (1 \cdot 10,8)^2} = 71,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{red } 4} = \sqrt{(\alpha_{04} \cdot \sigma_{o4})^2 + 3 \cdot (\alpha_{k4} \cdot \tau_{k4})^2} \quad (7.37)$$

$$\sigma_{\text{red } 4} = \sqrt{(2,05 \cdot 35,3)^2 + 3 \cdot (1,6 \cdot 5,4)^2} = 73,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{red } 5} = \sqrt{(\alpha_{05} \cdot \sigma_{o5})^2 + 3 \cdot (\alpha_{k5} \cdot \tau_{k5})^2} \quad (7.38)$$

$$\sigma_{\text{red } 5} = \sqrt{(2,25 \cdot 2,1)^2 + 3 \cdot (1,78 \cdot 0,3)^2} = 4,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{red } 6} = \sqrt{(\alpha_{06} \cdot \sigma_{o6})^2 + 3 \cdot (\alpha_{k6} \cdot \tau_{k6})^2} \quad (7.39)$$

$$\sigma_{\text{red } 6} = \sqrt{(1 \cdot 4,8)^2 + 3 \cdot (1 \cdot 0,3)^2} = 4,8 \text{ MPa}$$

Statická bezpečnost v nejvíce namáhaném místě 4:

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{\text{red } 4}} = \frac{125}{73,9} = 1,7 \quad (7.40)$$

Nejmenší statická bezpečnost hřídele je 1,5 [2]. Navržená hřídel vyhověla statické kontrole.

Návrh těsného pera

Je proveden návrh těsného pera pro průměr konce hřídele $d_{h1} = 14 \text{ mm}$. Pro slitiny hliníku je dovolený měrný tlak $p_D = 40 \text{ MPa}$. [2]

Výpočet síly působící na pero:

$$F_p = \frac{M_M}{\frac{d_{h1}}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{2900}{\frac{14}{2} + \frac{2,1}{2}} = 360 \text{ N} \quad (7.41)$$

Výpočet činné délky pera:

$$l \geq \frac{F_p}{p_D \cdot t_1} = \frac{360}{40 \cdot 2,1} = 4,3 \text{ mm} \quad (7.42)$$

Potřebná délka pera:

$$l = l' + b = 4,3 + 5 = 9,3 \text{ mm} \quad (7.43)$$

Nejmenší normalizovaná délka pera je 12 mm. Těsné pero je použito pro spojení hřídele se spojovacím nebo distančním pouzdrem a pro spojení hřídele s řemenicí. Z důvodu snazší montáže potřebnou délku navyšuji na $l = 40 \text{ mm}$ a místo dvou per za sebou volím jedno těsné pero 5e7 x 5 x 40 ČSN 02 2562. [3]

7.6 Výpočet ložisek

Pro symetrické uložení hřídele plátna volím dvě stejné ložiskové jednotky označení SYF 25 TF od firmy SKF (obr. 7.12). Rozměry zvolených kuličkových ložisek jsou navrženy především dle potřeb konstrukčního návrhu. Parametry ložiska jsou dány tabulkou 7.1.

Tab. 7.1 Hlavní parametry ložiska [20]

Vnitřní průměr	d [mm]	25
Šířka	B [mm]	34,1
Základní dynamická únosnost	C [kN]	14
Základní statická únosnost	C ₀ [kN]	7,8
Hmotnost	m [kg]	0,54



Obr. 7.14 Ložisková jednotka SYF 25 TF firmy SKF [20]

Statickému radiálnímu zatížení F_{r0} [N] odpovídá velikost reakce podpory dle vzorců (7.16), (7.18), platí:

$$F_{r0} = R_A = R_B = 181,5 \text{ N}$$

Součinitel bezpečnosti pro statickou únosnost jednoho kuličkového ložiska:

$$s_0 = \frac{C_0}{F_{r0}} = \frac{7800}{181,5} = 43 [-] \quad (7.44)$$

Hodnota součinitele bezpečnosti ložiska pro normální provoz je $s_0 = 1 [-]$. [2]
Ložiska jsou z hlediska statické únosnosti předimenzované.

8 ZÁVĚR

Výsledkem mé diplomové práce je zrekonstruovaný stmívací systém ERASER, určený pro výbojkový reflektor MUNDIAL C. Je navržena modulární konstrukce zařízení, která odděluje mechanickou část, chladicí část a elektroniku.

Mechanická jednotka je snadno oddělitelná od celého zařízení díky úchytným mechanismům. Oproti původnímu řešení je jednodušší na montáž/demontáž. Pohon ozubenými řemenovými převody s krokovým elektromotorem umožňuje plynulé a přesné odvíjení/navíjení plátna při zatemňování/odtemňování reflektoru. Je navýšená rychlost zatahování plátna na 0,87 m/s. Hlavní části mechanické jednotky vyhovují pevnostním kontrolám.

K odvodu tepla slouží chladicí jednotka, která je také opatřena úchytnými mechanismy pro snadné vyjmutí.

Stmívací zařízení má délku 980 mm, výšku 775 mm a šířku 125 mm. Zůstávají zachovány původní připojovací rozměry k výbojkovému reflektoru.

Součástí práce jsou sestavné výkresy zatemňovacího zařízení, mechanické jednotky a výrobní výkres hřídele plátna. Jsou splněny všechny cíle mé diplomové práce.

9 SEZNAM LITERATURY

- [1] HAVLÍK, Jiří. Výpočty a konstrukce strojních dílů [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: https://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/347/.content/files/predmety/hav35/Prednasky_VaKSD_od_2017.pdf
- [2] KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů - Teorie + Projekty. Spoje strojů a jejich částí*. Interaktivní multimedialní PDF, 2015.
- [3] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Albra-Pedagogické nakladatelství, 3. Dop. v. Úvaly, 2006. ISBN 80 -7361- 033-7.
- [4] ELEKTROSS: *Svítime. Svítivá dioda - LED* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: http://elektross.gjn.cz/soucastky/jeden_prechod/led.html
- [5] BENEŠ, MICHL: *GigaLighting. Konvenční světelné zdroje* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.gigalighting.cz/konvenčni-svetelne-zdroje.htm>
- [6] BENEŠ, MICHL: *GigaLighting. Světelné zdroje LED* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.gigalighting.cz/svetelne-zdroje-led.htm>
- [7] BERKA, P.: *Alunet. EN AW - 5083 0/H11*. [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.alunet.cz/ENAW-5083>
- [8] GATES: *Konstruktionshandbuch Industriesynchronriemen*. [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: https://ww2.gates.com/germany/index.cfm?location_id=19832
- [9] GATES: *Design Flex® Pro™*. [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://engapps.gates.com/DFMobile/DFMobile/DFMobileLogOn>

- [10] HABERKORN: *Ozubená řemenice HTD 5M*. [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/ozubena-remenice-htd-5m-roztec-5-0-mm-ozubena-remenice-htd-5m-roztec-5-0-mm.html>
- [11] HABERKORN: *Upínací destička pro ozubený řemen profilu HTD*. [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/upinaci-desticka-pro-ozubeny-remen-profilu-htd-upinaci-desticka-pro-ozubeny-remen-profilu-htd-1-3.html>
- [12] INTERSONO SG a. s. : *Eraser alfa line*. [online]. [cit. 2019-02-3]. Dostupné z: <http://www.intersono.cz/l.php?id=320>
- [13] JULIAT, R.: *Aledin - 630SX* [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: http://rjindustry.jp/PDF/Documents/Doc_ALEDIN_vGB.pdf
- [14] KOBRLE, P.: *Elektrické zdroje světla* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://p.kobrlle.sweb.cz/ELZ/Svetlo.pdf>
- [15] NANOTEC: *ST8918. Stepper motor - NEMA 34*. [online]. [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: https://en.nanotec.com/fileadmin/files/Baureihenuuebersichten/Schrittmotoren/Product_Overview_ST8918.pdf
- [16] OPIS ENGINEERING k.s.: *Šnekové pohony TYP SMWK 403 389*. [online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <http://www.nidec.cz/403389.html>
- [17] OTV PAVLŮ, S.R.O.: *BSL Helios*. [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://eshop.otvpavlu.cz/helios-p487>
- [18] RESIDIT s.r.o.: *Světlo časopis pro světlo a osvětlování. Současné scénické osvětlování*. [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/soucasne-scenicke-osvetleni--16877>

- [19] RESIDIT s.r.o.: *Světlo časopis pro světlo a osvětlování*. Světelné zdroje. [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-vysokotlakertutove-vybojky-smesove-vybojky--15927>
- [20] SKF: *Stojaté ložiskové jednotky Y s krátkou základnou*. [online]. [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-plummer-block-units/Y-bearing-short-plummer-block-units/index.html?designation=SYF%2025%20TF>
- [21] STEINIGKE SHOWTECHNIC: *Eurolite LED FLD - 252 RGB*. [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.steinigke.de/en/mpn51913860-eurolite-led-fld-252-rgb-10mm-flood.html>
- [22] SVĚTLOBLOG: *Profesionální světelné zdroje* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.svetloblog.cz/index.php?svetlo=profesionalni-svetelne-zdroje>
- [23] THORN: *Mundial C*. [online]. [cit. 2019-04-1]. Dostupné z: http://www.thornlighting.cz/cs-cz/produkty/venkovni-osvetleni/svetlomety-pro-sportovni-arealy/Mundial_C/mundial-c-1-kw/96217498
- [24] VANEL: *Tlačné pružiny*. [online]. [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://www.vanel.com/compression-adv-search.php?lang=czech&sessionid=46135671635cab8b94497e0610064214325743885896189#results>
- [25] WIKIPEDIE: *Sodíková výbojka* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sod%C3%ADkov%C3%A1_v%C3%BDbojka
- [26] WIKIPEDIE: *Xenonová výbojka* [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Xenonov%C3%A1_v%C3%BDbojka

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A: UPÍNACÍ DESTIČKA

PŘÍLOHA B: OZUBENÁ ŘEMENICE

SESTAVNÝ VÝKRES: ZATEMŇOVACÍ ZAŘÍZENÍ

SN2KIK01-02-ZZ_S

SESTAVNÝ VÝKRES: MECHANICKÁ JEDNOTKA

SN2KIK01-01-MJ_S

VÝROBNÍ VÝKRES: HŘÍDEL PLÁTNA

SN2KIK01-03-HP_V